



ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

PROGRAMA DE DOCTORADO EN BIOLOGÍA INTEGRADA

**USO DE EXTRACTOS VEGETALES DE PLANTAS AMAZÓNICAS PARA EL
DISEÑO DE PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)
EN ECUADOR**

Memoria presentada por D^a. María de los Angeles Simbaña Rojas para optar por el
grado de Doctora en Biología Integrada por la Universidad de Sevilla

Fdo. María de los Angeles Simbaña Rojas

Sevilla, enero de 2018

**USO DE EXTRACTOS VEGETALES DE PLANTAS AMAZÓNICAS PARA EL
DISEÑO DE PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP)
EN ECUADOR**

Memoria presentada por D^a. María de los Angeles Simbaña Rojas para optar por el
grado de Doctora en Biología Integrada por la Universidad de Sevilla

Sevilla, enero de 2018

V^o. B^o.

Los Directores

Fdo. Dra. D^a. M^a Ángeles López Martínez.

Fdo. Dra. D^a. Agustina Jiménez Pino.

Fdo. Dr. D. Antonio Gallardo Cano.

DEDICATORIA

A Wagner Raúl con todo mi amor

*No te rindas por favor no cedas,
aunque el frio queme,
aunque el miedo muerda,
aunque el sol se ponga y se calle el viento,
aun hay fuego en tu alma,
aun hay vida en tus sueños,
porque cada dia es un comienzo,
porque esta es la hora y el mejor momento,
porque no estas sola,...*

No te rindas - Mario Benedetti

AGRADECIMIENTO

Al personal del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Quito. Departamento de Protección Vegetal: Dra. Sandra Garcés, Ing. Patricio Gallegos, Ing. Francisco Báez. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos: Ing. Diego Mina. Departamento de Nutrición y Calidad: Ing. Elena Villacrés e Ing. María Belén Quelal. Programa Nacional de Fruticultura, Granja Experimental Tumbaco: Ing. Michelle Noboa e Ing. William Viera. Mis sentidos agradecimientos por toda la ayuda brindada con la asesoría técnica y por proporcionar las facilidades de infraestructura y equipos para que se haya realizado la parte experimental y de laboratorio: obtención de los extractos de las diferentes plantas probadas, colecta y mantenimiento de las plagas de insectos y ejecución de los bioensayos.

Al Dr. D. Omar Malagón y Dr. D. Vladimir Morocho, por facilitar las instalaciones del Departamento de Química de la Universidad Técnica Particular de Loja UTPL, Ecuador. De manera especial a la Dra. Da. Paola Ordóñez Vivanco por su predisposición, paciencia, apoyo, acompañamiento y dirección durante todo el desarrollo de la parte Fitoquímica.

A Patricia Rodríguez, por su agradable compañía y su valiosa ayuda durante las largas horas de trabajo en el laboratorio de Fitoquímica.

Al Dr. D. Nelson Rodríguez Vicerector Académico de la Universidad Central del Ecuador y al Lcdo. Fernando Pico Delgado de la Estación Científica Amazónica Juri Juri Kawsay por todas las facilidades prestadas para que se haya llevado a cabo el desarrollo de la fase de campo concerniente a la colecta de plantas Amazónicas.

Al Dr. D. Lenin Ron Profesor de la Universidad Central del Ecuador-UCE e Investigador del Centro Internacional de Zoonosis (CIZ-UCE), por su ayuda con los análisis estadísticos de esta Tesis Doctoral.

A la Familia Kichwa Tanguila-López por su amistad e invaluable ayuda durante los días de trabajo de campo en la Amazonía ecuatoriana en especial a D. Silverio Tanguila *runa* sabio Kichwa por compartir sus conocimientos de las plantas de la selva Amazónica.

A mi familia y amigos por apoyarme en los momentos difíciles y alentarme siempre a seguir adelante.

Finalmente, quiero expresar de forma particular mi agradecimiento a mis Directores:

Al Dr. D. Antonio Gallardo Cano por haberme dado la oportunidad de desarrollar esta investigación y por toda su ayuda prestada durante el desarrollo de la misma.

A la Dra. D^a. Agustina Jiménez Pino por su apoyo y ayuda con el desarrollo y revisión de este documento.

A la Dra. D^a. M^a Ángeles López Martínez Profesora Titular del Departamento de Zoología de la Universidad de Sevilla, por el apoyo mostrado para que esta Tesis Doctoral llegue a su finalización.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos de la Tesis Doctoral	4
1.2. Importancia de la Agricultura ecológica y del empleo de insecticidas botánicos	5
1.3. Importancia Etnobotánica en Ecuador	7
CAPÍTULO 2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
2.1. Descripción de las zonas de muestreo	9
2.1.1. Descripción geobotánica de las zonas de recolección del material vegetal...	27
2.1.2. Descripción de las zonas de recolección de insectos	38
2.2. Selección, descripción y recolección de las plantas	44
2.2.1. Selección de plantas	44
2.2.2. Descripción de las plantas seleccionadas	47
2.2.3. Recolección de las plantas	73
2.3. Selección, descripción, recolección y mantenimiento de insectos	74
2.3.1. Selección de los insectos plaga	74
2.3.2. Descripción de los insectos plaga seleccionados	76
2.3.2.1. <i>Neoleucinodes elegantalis</i> (Guenée, 1854)	76
2.3.2.2. <i>Delia platura</i> (Meigen, 1826)	89
2.3.2.3. <i>Spodoptera frugiperda</i> (J.E. Smith, 1797)	102
2.3.2.4. <i>Premnotypes vorax</i> (Hustache, 1933)	104
2.4. Obtención de extractos brutos	107
2.5. Bioensayos	110
2.5.1. Bioensayos de selección (preliminares)	112
2.5.2. Bioensayos definitivos	115
2.6. Fitoquímica	118
2.6.1. Metodología de la extracción, purificación y elucidación de <i>Ambrosia arborescens</i>	128

CAPÍTULO 3. RESULTADOS	137
3.1. Bioensayos preliminares.....	137
3.2. Bioensayos definitivos.....	139
3.3. Resultados fitoquímicos	144
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN	148
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES	163
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA.....	166

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución geográfica de las plantas estudiadas.	37
Tabla 2. Plantas seleccionadas para la obtención de extractos.	46
Tabla 3. Porcentaje de mortalidad para <i>Neoleucinodes elegantalis</i>	141
Tabla 4. Porcentaje de mortalidad para <i>Delia platura</i>	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. División política y administrativa de Ecuador (provincias y parroquias rurales) (IGM, 2013).	10
Figura 2. Vista aérea de la parroquia Arajuno (GADMIPA, 2017).	12
Figura 3. Miembros de las comunidades Indígenas Kichwas (GADMIPA, 2017).	12
Figura 4. A. Vista panorámica del Bosque y Vegetación Protector El Oglán Alto. B. Transporte fluvial en canoa usado por las comunidades Kichwas (GADMIPA, 2017).	13
Figura 5. Fauna del cantón Arajuno, parroquia Arajuno (GADMIPA, 2017). A. Primate mono chorongo <i>Lagothrix poeppigii</i> . B. Ave tucan <i>Ramphastos</i> sp.	14
Figura 6. Artesanías de las comunidades Kichwas (GADMIPA, 2017). A. Mocahuas (vasijas artesanales realizadas por mujeres Kichwas). B. Bisutería artesanal.	14
Figura 7. Zona alta del Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras. (Fotografía por cortesía de Luis Espinoza).	16
Figura 8. Cascada de San Rafael, Parque Nacional Cayambe-Coca.	17
Figura 9. Volcán Antisana y Laguna de la Mica, Reserva Ecológica Antisana. (Fotografía por cortesía de Augusto Granda G.).	18
Figura 10. Volcán Antisana, Reserva Ecológica Antisana. (Fotografía por cortesía de Valeria Granda O.).	18
Figura 11. Vista panorámica del Valle del Quijos, provincia del Napo.	19
Figura 12. Laguna Quilotoa, Reserva Ecológica Ilinizas.	20
Figura 13. Volcán Cotopaxi, Parque Nacional Cotopaxi.	20
Figura 14. Indígenas de la Sierra ecuatoriana, cantón Salcedo.	22
Figura 15. Laguna de Yambo, cantón Salcedo, parroquia rural Panzaleo.	22
Figura 16. Cráter del volcán Pululahua, Reserva Geobotánica Pululahua (Fotografía cortesía de Emilio Cachumba).	25
Figura 17. A. Cañón del río Pita y sus ríos cristalinos. B. Cascada cóndor Machay.	26
Figura 18. Bosques nativos altoandinos.	26
Figura 19. Zonas de recolección de plantas en la región Amazónica de Ecuador.	27
Figura 20. Remanentes de bosques localizados a lo largo del río Arajuno.	28
Figura 21. Remanentes de bosques rodeados por el río Wuapuno.	28

Figura 22. Borde de carretera que conecta la ciudad del Puyo con el cantón Arajuno, provincia de Pastaza.	29
Figura 23. Bosque y Vegetación Protector El Oglán Alto. A. Vista panorámica del bosque. B. Interior del bosque.....	30
Figura 24. Chakras de las comunidades Kichwas. A. Chakra con especies alimenticias (plátano <i>Musa paradisiaca</i> y yuca <i>Manihot esculenta</i>). B. Chakra con cultivo de <i>Lonchocarpus utilis</i>	31
Figura 25. Establecimiento de la chakra.	32
Figura 26. Agroecosistema chakra establecida.	33
Figura 27. Agroecosistema Ushun.....	33
Figura 28. Agroecosistema Purun.	34
Figura 29. Zonas de recolección de plantas en la región Sierra de Ecuador.....	35
Figura 30. Alrededores de la Laguna de Yambo, cantón Salcedo, parroquia rural Panzaleo.....	35
Figura 31. Quebrada Gualó, cantón Quito, parroquia urbana San Isidro del Inca.	36
Figura 32. Jardineras ornamentales de casas ubicadas en el cantón Rumiñahui, parroquia urbana de San Pedro de Taboada.	36
Figura 33. Cultivo de naranjilla común o de jugo mejorada, correspondiente a la variedad INIAP-Quitoense 2009 (<i>Solanum quitoense</i> Lam. var. <i>quitoense</i>).	39
Figura 34. Finca Agrícola Santa Isabel. A. Brócoli <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	40
Figura 35. Siembra de brócoli <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> . A. Plántula a ser sembrada.....	40
Figura 36. Cosecha de brócoli <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> . A. Recolección manual.	41
Figura 37. Zonas recolección de insectos plaga, regiones Sierra y Amazónica de Ecuador...	41
Figura 38. Larvas neonatas de <i>Spodoptera frugiperda</i> enviadas por la Estación Experimental Litoral Sur INIAP.	42
Figura 39. Cultivo de papa <i>Solanum tuberosum</i> , Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.	43
Figura 40. Palma solitaria de <i>Socratea exorrhiza</i> . A. Cono de raíces. B. Raíces cubiertas densamente por espinas cónicas. C. Dosel y corona con hojas erectas, ápice de las pinnas con forma de cola de pez.	48
Figura 41. Arbusto de <i>Clibadium surinamense</i> . A. Hojas simples, opuestas. B. Inflorescencias corimbosas, terminal; cabezas sésiles, corola blanca. C. Frutos en racimo.....	50

Figura 42. Arbusto de <i>Ambrosia arborescens</i> . A. Hojas alternas, pecioladas, ampliamente ovadas, casi orbicular en su contorno. B y C. Inflorescencias paniculadas, racimosas distalmente.	52
Figura 43. Arbolito de <i>Bixa orellana</i> . A. Hojas alternas, elípticas, cordadas en la base, enteras, glabras. B. Fruto como cápsula ovoide o cónica, color café y completamente cubierta con espinas blandas café-rojizas. C. Semillas numerosas, pequeñas, cubiertas por abundante pulpa rojo-anaranjada.	54
Figura 44. Planta rastrera de <i>Tradescantia zebrina</i> . A. Hojas alternas, elípticas, cordadas en la base, enteras, glabras, perennes; el haz verde azulado con dos anchas franjas plateadas y teñidas de púrpura por el envés. B. Flores son rosadas o azul violáceo.	56
Figura 45. Árbol de <i>Euphorbia cotinifolia</i> . A. Inflorescencias terminales. B. Flor. C. Cíato.	58
Figura 46. Arbusto de <i>Lonchocarpus utilis</i> . A. Hojas imparipinnadas con pinnas opuestas pecioluladas, elíptico-lanceoladas, acuminadas.	60
Figura 47. Hierba de <i>Argemone subfusiformis</i> . A. Hojas glaucas. B. Flores solitarias.	62
Figura 48. Árbol de <i>Prunus debilis</i> . A. Hojas simples alternas, glabras, con dos glándulas en la base. B. Fruto drupáceo.	64
Figura 49. Vena de <i>Paullinia alata</i> . A. Foliolos (5), pinnadas, lanceoladas.	65
Figura 50. Vena de <i>Paullinia clavigera</i> . A. Vena larga, casi glabra. B. Cinco hojas, elíptico-lanceoladas.	66
Figura 51. Planta herbácea de <i>Solanum mammosum</i> . A. Hojas superficialmente cordadas en la base, irregularmente lobada, en ambas superficies con espinas largas. B. Inflorescencias umbeliformes, lateral, corola violácea. C. Fruto de color anaranjado en estado maduro.	68
Figura 52. Árbol de <i>Turpinia occidentalis</i> . A. Hojas opuestas, compuestas e imparipinnadas.	70
Figura 53. Árbol de <i>Leonia crassa</i> . A. Característica distintiva, especie cauliflora. B. Fruto con pericarpo leñoso.	72
Figura 54. Adultos de <i>Neoleucinodes elegantalis</i> en posición de descanso.	76
Figura 55. Ciclo biológico de <i>Neoleucinodes elegantalis</i> (Asaquibay et al., 2009). A. Huevo B. Larva o gusano. C. Pupa. D. Adulto.	77
Figura 56. Huevos de <i>Neoleucinodes elegantalis</i> sobre un pétalo de flor de naranjilla.	78
Figura 57. Larvas de <i>Neoleucinodes elegantalis</i>	79
Figura 58. Pupas de <i>Neoleucinodes elegantalis</i>	80
Figura 59. Adultos de <i>Neoleucinodes elegantalis</i>	81

Figura 60. Planta de naranjilla común o de jugo mejorada, correspondiente a la Variedad INIAP-Quitoense 2009 (<i>Solanum quitoense</i> Lam. var. <i>quitoense</i>). A. Flores. B. Frutos.	83
Figura 61. Frutos de naranjilla infestados con larvas de <i>Neoleucinodes elegantalis</i> . A. Orificios suberizados y alrededor los halos cloróticos. B. Residuos de pulpa y semillas alrededor de las galerías profundas realizadas por el gusano barrenador de la naranjilla. ..	84
Figura 62. Frutos de naranjilla con larvas y agujeros. A. Larva saliendo por los orificios perforados. B. Excremento expulsado por la larva al perforar el orificio de salida.	85
Figura 63. Pupas de <i>Neoleucinodes elegantalis</i> en frutos de naranjilla. A. Pupa entre cáliz y el fruto. B. Pupa sobre el cáliz del fruto.	85
Figura 64. Desarrollo de pupas en laboratorio. A. Capullo realizado por larva de <i>Neoleucinodes elegantalis</i> con papel absorbente. B. Pupa sobre el cáliz del fruto.	86
Figura 65. Recolección en campo de naranjilla infestada con larvas de <i>Neoleucinodes elegantalis</i> . A. Planta de naranjilla con frutos infestados. B. Excreciones de pulpa de la fruta y cúmulos de finos pelos espinosos alrededor del fruto.	86
Figura 66. A. Cajas para mantenimiento de plaga. B. Papel absorbente conteniendo pre-pupas de <i>Neoleucinodes elegantalis</i>	87
Figura 67. A. Pupas de <i>Neoleucinodes elegantalis</i> . B. Dieta para adultos de plaga.....	88
Figura 68. Adulto de <i>Delia platura</i>	89
Figura 69. Ciclo biológico de <i>Delia platura</i> (Lomas <i>et al.</i> , 2012). A. Huevo. B. Larva. C. Pupa. D. Adulto.	90
Figura 70. Hembra de <i>Delia platura</i> ovopositando en una semilla germinada de <i>Lupinus mutabilis</i>	91
Figura 71. Larvas de <i>Delia platura</i>	92
Figura 72. Pupas de <i>Delia platura</i>	93
Figura 73. A. Adulto de <i>Delia platura</i> mostrando el ptilinum. B. <i>Delia platura</i> con sus alas desplegadas.	94
Figura 74. A. Planta con flores de <i>Lupinus mutabilis</i> . B. Grano seco. C. Cultivo asociado de <i>L. mutabilis</i> con quinua <i>Chenopodium quinoa</i>	96
Figura 75. Cultivos de brócoli <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i> para exportación.....	97
Figura 76. A. Restos de brócoli. B. Tallo de brócoli con larvas de <i>Delia platura</i>	98
Figura 77. Cultivo reciente de brócoli <i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	99

Figura 78. Recolección de pupas de <i>Delia platura</i> . A. Cernidor utilizado en la colecta de pupas. B. Pupas de <i>Delia platura</i> sobre papel absorbente.....	100
Figura 79. Caja para mantenimiento de <i>Delia platura</i>	100
Figura 80. Individuos adultos de <i>Delia platura</i> dentro de la caja de mantenimiento.	101
Figura 81. <i>Spodoptera frugiperda</i> . A. Larva de tercer estadio (L3). B. Oruga. C. Adulto.	103
Figura 82. Insecto adulto de <i>Premnotypes vorax</i> . A. Vista dorsal. B. Vista lateral.	105
Figura 83. Trampa para la recolección del insecto adulto de <i>Premnotypes vorax</i>	106
Figura 84. Secado al ambiente de material vegetal recolectado.	107
Figura 85. A. Frutos cortados en pequeños trozos B. Semillas. C. Liofilizadora.	108
Figura 86. A. Molinillo de alta potencia. B. Polvo seco.....	109
Figura 87. Obtención del extracto líquido. A. Macerado en movimiento constante. B. Filtrado de la mezcla. C. Extracto líquido.	109
Figura 88. Obtención del extracto seco. A. Rotavapor eliminación de etanol. B. Extracto bruto.	110
Figura 89. A. Cubeta de ultrasonido y materiales para la preparación de las disoluciones. B. Frascos con extracto a diferentes concentraciones.	111
Figura 90. Caja petri con círculos de hojas de higuera comidas y larvas de tercer estadio (L3) de <i>Spodoptera frugiperda</i>	113
Figura 91. Caja petri con círculos de hojas de papa comidas y adultos de <i>Premnotypes vorax</i>	114
Figura 92. Bioensayo con <i>Neoleucinodes elegantalis</i> . A. Frasco de vidrio con papel filtro, tapa con algodón y disolución de extracto. B. Frasco con mariposas adultas. C. Frasco tapado. D. Frasco con mariposas muertas.	116
Figura 93. Bioensayo con <i>Delia platura</i> . A. Frascos de vidrio con papel filtro, disolución de extracto y moscas adultas vivas. B. Frasco con individuos de <i>Delia platura</i> muertos.	117
Figura 94. Cromatografía en columna. A. Soporte, columna de vidrio, fase estacionaria (gel de sílice), llave de paso. B. Bandas formadas por la separación de los compuestos.	122
Figura 95. Cromatografía en capa fina. A. Placa de silicagel, borde de la placa donde se aplica pequeñas gotas de solución. B. Cámara con solvente y placa de silicagel.	123
Figura 96. Diagrama de un cromatógrafo de gases (CG) (Fox y Whitesell, 2000).	123
Figura 97. Representación esquemática de un espectrómetro de masas (EM) (Fox y Whitesell, 2000).	125

Figura 98. Representación esquemática de los elementos fundamentales de un espectrómetro de resonancia magnética nuclear (Fox y Whitesell, 2000).	127
Figura 99. A. <i>Ambrosia arborescens</i> . B. Polvo seco. C. Maceración estática con acetato de etilo (AcOEt). D. Filtrado.	128
Figura 100. A. Rotavapor. B. Extracto bruto de <i>Ambrosia arborescens</i> .	129
Figura 101. A. Cromatografía en columna. B. Fracciones de 50 ml aproximadamente, resultante de la cromatografía en columna.	130
Figura 102. Comparación de fracciones por cromatografía en capa fina (CCF).	131
Figura 103. Cromatografía en capa fina (CCF). A. Placas de silicagel con tinción de yodo. B. Placas vistas a luz ultravioleta.	131
Figura 104. A y B. Cromatógrafo de gases acoplado a Espectrómetro de masas (CG/EM). C. Frasco con muestra.	132
Figura 105. Equipo de resonancia magnética nuclear (RMN) usado en la elucidación de estructuras moleculares.	133
Figura 106. A. Muestra diluida. B. Tubo de vidrio con muestra colocado entre los polos del imán superconductor alojado dentro del equipo.	134
Figura 107. Fisher-Jhons Melting Point Apparatus serial 40-22, para la determinación de los puntos de fusión.	135
Figura 108. Porcentajes de mortalidad media a las 24 horas de los diferentes extractos de plantas probados sobre <i>Neoleucinodes elegantalis</i> y <i>Delia platura</i> .	138
Figura 109. Plantas con acción biocida. A. <i>Lonchocarpus utilis</i> (Fabaceae) “barbasco de raíz”. B. <i>Ambrosia arborescens</i> (Asteraceae) “marco”. C. <i>Clibadium surinamense</i> (Asteraceae) “barbasco de hoja”. D. <i>Solanum mammosum</i> (Solanaceae) “teta de vaca”. Insectos plaga. E. <i>Neoleucinodes elegantalis</i> (Lepidoptera: Crambidae). F. <i>Delia platura</i> (Diptera: Anthomyiidae).	140
Figura 110. Efecto de los extractos vegetales sobre <i>Neoleucinodes elegantalis</i> y <i>Delia platura</i> .	141
Figura 111. DL50 y DL90 de <i>Lonchocarpus utilis</i> para <i>Neoleucinodes elegantalis</i> .	142
Figura 112. DL50 y DL90 de <i>Ambrosia arborescens</i> para <i>Neoleucinodes elegantalis</i> .	142
Figura 113. DL50 y DL90 de <i>Clibadium surinamense</i> para <i>Neoleucinodes elegantalis</i> .	143
Figura 114. DL50 y DL90 de <i>Ambrosia arborescens</i> para <i>Delia platura</i> .	143
Figura 115. DL50 y DL90 de <i>Solanum mammosum</i> para <i>Delia platura</i> .	144

Figura 116. Fracciones obtenidas mediante cromatografía en capa fina y estructura química de las moléculas aisladas.	146
--	-----

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es considerado como uno de los países con más biodiversidad del mundo; una muestra de ello está en la variedad vegetal que posee y que representa el 7,68% del total de las plantas vasculares registradas en el Planeta (Neill y Ulloa, 2011). En el *Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador* están recogidas un total de 15.901 especies, entre las que se encuentran 15.306 especies nativas y 595 introducidas (Jørgensen y León-Yáñez, 1999). A partir de ese año las publicaciones de especies nuevas y la documentación de nuevos registros de plantas en Ecuador se ha incrementado de manera sustancial. Neill y Ulloa (2011) publicaron un segundo suplemento del *Catálogo* para la flora del Ecuador con un total de 18.198 especies de plantas vasculares (17.683 especies nativas), de las cuales aproximadamente 5.400 especies son consideradas endémicas al Ecuador.

El uso de las plantas en los diversos asentamientos humanos de Ecuador está intrínsecamente ligado a las tradiciones culturales (Rios y Koziol, 2007). En Ecuador los grupos indígenas y Mestizos de la Costa, Sierra y Amazonía son los grandes depositarios del conocimiento botánico tradicional y este saber se ha utilizado en numerosas aplicaciones prácticas de la vida actual (Macía y de la Torre, 2008). Los usos de las plantas incluyen la satisfacción de necesidades como alimentación, medicina, vestuario, herramientas, rituales, venenos, artesanías, armas y construcción de viviendas, entre otros múltiples empleos (Rios, 2007).

En Ecuador, las plantas que poseen algún efecto tóxico son muy bien conocidas por las poblaciones que habitan en sus regiones, en especial por aquellos pobladores que se encuentran asentados en zonas rurales. De estas plantas se obtienen venenos para pescar, cazar o matar animales domésticos, o bien, se usan como insecticidas y

herbicidas. Las plantas con propiedades insecticidas son importantes y comúnmente utilizadas, en especial en la Sierra y Amazonía, para acabar con plagas de cultivos o insectos indeseados como moscas, cucarachas o pulgas, entre otros. Cabe resaltar que el uso de este grupo de plantas tiene un gran valor cultural ya que es un reflejo de sus formas de vida tradicional, de sus costumbres, creencias y del conocimiento que tienen de la selva (Kvist y Alarcón, 2008).

Las plantas que tradicionalmente se describen como tóxicas deben sus propiedades a metabolitos secundarios. Estas sustancias les sirven a las plantas como mecanismos de defensa, tanto del ataque de virus y bacterias como para evitar ser ingeridas por animales. El grado de toxicidad de las plantas y sus efectos se relacionan con la vía de acceso al organismo (por contacto, ingestión o inhalación), la parte involucrada (semillas, frutos, hojas e incluso raíces) y la cantidad de metabolitos secundarios (Córdova, 2001).

Los científicos empezaron a extraer y aislar las sustancias químicas de las plantas por primera vez en el siglo XVIII y desde ese momento nos hemos acostumbrado a considerar a las hierbas y sus efectos según los componentes activos que contienen (Chevallier, 1997; Brielmann *et al.*, 2006). Es importante considerar que existe una amplia variabilidad en la cantidad de químicos tóxicos producidos por una planta. Esta variabilidad se debe tanto a factores directos (edad de la planta, y las variabilidades genéticas) y a factores indirectos (la influencia del suelo y del clima) para la síntesis de dichos químicos (Repetto, 2005).

Con este trabajo se pretende contribuir al mejor conocimiento de la actividad biocida de algunas plantas, con vistas a mejorar el sector agroalimentario ecuatoriano. Se podrían obtener productos que fueran más competitivos en el mercado, también se abriría un espectro de investigación básica de nuevas técnicas de control con un menor impacto medioambiental, menos agresivo para los trabajadores y con los propios consumidores de los productos alimentarios, de cara al mercado interior y exterior.

1.1. Objetivos de la Tesis Doctoral

- Objetivo General:

Utilizar diversas plantas amazónicas con propiedades insecticidas para el control de plagas, debido a que son técnicas blandas de control e inocuas para el medio ambiente.

- Objetivos Específicos:

- 1.** Evaluar a nivel de laboratorio la efectividad como insecticida de varios extractos botánicos brutos.
- 2.** Realizar el análisis fitoquímico de la especie vegetal que presente mejor resultado como bioinsecticida.
- 3.** Contribuir a que el sector agronómico ecuatoriano cuente con un mayor espectro de investigación básica de nuevas técnicas de control de plagas de insectos con bajo impacto medioambiental y sobre la salud.
- 4.** Fomentar el cultivo de estas plantas autóctonas en chakras de comunidades indígenas, pudiendo ser una fuente de ingresos económicos para el desarrollo de las mismas.

1.2. Importancia de la Agricultura ecológica y del empleo de insecticidas botánicos

La Agricultura del nuevo milenio intenta establecer nuevas alternativas para el control de plagas que produzcan un menor impacto y riesgo ambiental, y que permitan reducir significativamente el uso de plaguicidas sintéticos. La utilización de extractos vegetales para su control representa una alternativa para el manejo integrado de los cultivos, debido a su bajo coste y al menor impacto sobre el ambiente, al conservar la biodiversidad (Iannacone y Lamas, 2003a). En la sociedad actual se va extendiendo el convencimiento de que cualquier sistema de producción debe ser respetuoso con el medio ambiente, para mejorar las condiciones de vida de sus habitantes y asegurar el futuro de generaciones venideras (Estrada y López, 1998; Nava-Pérez *et al.*, 2012).

La agricultura ecológica tiene un alto valor añadido y no produce efectos nocivos sobre los recursos naturales, la salud y el medio ambiente, además de representar un ahorro económico. Obviamente, los bioinsecticidas no son la panacea para resolver todos los problemas de las plagas, pero lo importante es comprender que las decisiones deben ser tomadas con criterio ecológico dentro del marco del Manejo Integrado de Plagas MIP, para de esta forma contribuir a reducir el uso de insumos sintéticos en el mundo (Alonso, 1999; Teodorescu y Yépez, 2014).

La utilización de extractos vegetales para el control de plagas tiene la ventaja de no provocar contaminación, debido a que estas sustancias suelen degradarse rápidamente en el medio (Iannacone y Lamas, 2002). Estos productos son en general moléculas sintéticas o aislados de extractos naturales de algas, hongos o vegetales (piretros, rotenonas, terpenos, fenoles, etc.), las cuales se caracterizan por tener un efecto desfavorable en insectos plaga y patógenos que causan enfermedades (insecticida, repelente, antialimentario, inhibición, retraso en el desarrollo) (do Nascimento *et al.*, 2008).

Iannacone y Lamas (2003b) señalaron que para el desarrollo tecnológico de un plaguicida botánico se deben estandarizar sus métodos de extracción y la propagación de las plantas. La selección de la especie vegetal es el primer paso.

Uno de los métodos claves en la investigación de nuevos plaguicidas botánicos son los bioensayos, que deben ser altamente sensitivos a las sustancias bioactivas, fáciles de manipular, baratos, de amplio espectro y dar rápidos resultados (Hoss, 1999; Hellpap, 2000; Iannacone, 2000). Estos bioensayos se emplean para estudiar las propiedades biocidas de las diferentes partes de las plantas (raíces, corteza, hojas, frutos, flores, etc.), la eficacia de los diferentes extractos y sus formulaciones y el modo de acción de los componentes activos (Duarte *et al.*, 2009). Los extractos se pueden obtener utilizando solventes orgánicos de diferente polaridad, con el objeto de extraer una mayor cantidad de metabolitos de las plantas y de esta manera potenciar los efectos repelente, antialimentario, ovicida o insecticida de los extractos sobre las plagas a controlar (Auger y Thibout, 2004; Ducrot, 2004).

1.3. Importancia Etnobotánica en Ecuador

En Ecuador, la etnobotánica ha permitido distinguir el uso de las plantas en tres regiones geográficas continentales: Costa, Sierra y Amazonía. En cada región, los pueblos indígenas, las poblaciones Mestizas y Afroecuatorianas han desarrollado su propio sistema de aprovechamiento de las especies vegetales (Rios, 2007).

La riqueza florística de la Amazonía ecuatoriana, correlaciona con la gran diversidad del conocimiento ancestral que poseen las comunidades indígenas asentadas en esta región (Cerón *et al.*, 2012). En la región Amazónica es donde vive el mayor número de grupos indígenas del país: Cofán, Secoya, Siona, Kichwa del Oriente, Wao, Zápara, Kandwash, Shuar, Achuar y Shiwiar. Los Kichwa del Oriente forman dos grupos, los Kichwa del Napo (Quijos) se asientan en las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos, así como en territorio peruano y colombiano. Los Kichwa de Pastaza (Canelos) habitan la provincia del mismo nombre (de la Torre y Balslev, 2008). La etnia con mayor población en la Amazonía del Ecuador es la Kichwa del Oriente (Canelos y Quijos) y también con la que se han realizado un mayor número de estudios etnobotánicos (de la Torre y Macía, 2008).

En uno de estos estudios etnobotánicos se recopiló información sobre plantas útiles para 14 etnias en todo el Ecuador: ocho de la región Amazónica, cuatro de la Costa, incluida la Afroecuatoriana que también habita la región interandina, además de la Kichwa de la Sierra, y los Mestizos que viven en las tres regiones continentales y la región Insular. La etnia Kichwa del Oriente es la que reportó el mayor número de registros de uso, seguida por los Wao, Mestizos y Kichwa de la Sierra. Los pocos registros encontrados para las etnias Achuar y Siona se deben a que se han realizado pocos estudios etnobotánicos con ellas. Respecto a las categorías de uso la mayoría de las plantas se utilizan con fines medicinales (de la Torre *et al.*, 2008b).

CAPÍTULO 2.

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Descripción de las zonas de muestreo

La República del Ecuador se sitúa al noroeste de América del Sur, limitando con Colombia al norte, Perú al este y al sur, y con el Océano Pacífico al oeste, y tiene una extensión total de 256.370 km². La línea equinoccial o paralelo 0, atraviesa el país dividiendo los territorios continental e insular, quedando así la mayor parte del territorio ecuatoriano en el hemisferio sur. La región insular (Archipiélago de Colón o Galápagos) está ubicada al oeste del territorio continental, aproximadamente a 1.000 km y formada por islas de origen volcánico constituyendo una gran reserva marina. La presencia de la cordillera de los Andes a lo largo de su territorio, ha permitido la formación de tres regiones diferentes: Costa, Sierra y Amazonía. Según la división Política-Administrativa de la República del Ecuador (Figura 1), las regiones (4) cuentan con provincias (24), las cuales están conformadas por cantones (221) y estos a su vez por parroquias urbanas (405) y rurales (778) (SENPLADES, 2013).

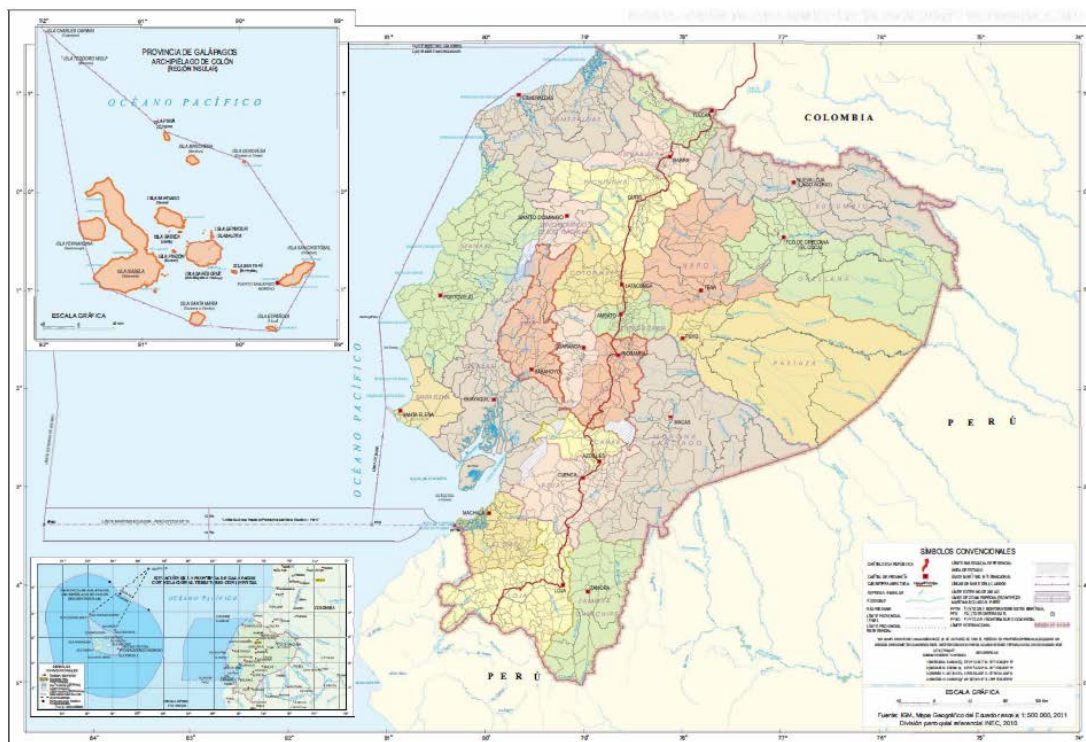


Figura 1. División política y administrativa de Ecuador (provincias y parroquias rurales) (IGM, 2013).

A continuación se describen geográficamente las provincias donde se han recolectado las plantas utilizadas en esta Tesis Doctoral.

PROVINCIA DE PASTAZA.

Cantón Arajuno, Parroquia urbana Arajuno.

La provincia de Pastaza se encuentra en la región Amazónica, situada al nororiente de Ecuador. Su capital es la ciudad de Puyo, la cual además es su urbe más grande y el mayor centro económico y comercial de esta provincia (POTP Pastaza, 2012). La provincia de Pastaza ocupa un territorio de 29.641,37 km², siendo la provincia más grande del país por extensión y está cubierta mayoritariamente por selva. Posee una población de 83.933 personas y es la segunda provincia menos poblada de Ecuador, detrás de Galápagos (INEC, 2010).

En esta provincia están asentados los grupos indígenas Shuar, Wuaorani, Achuar, Kichwa de la Amazonía, Zápara, Andoa y Shiwiar. La mayor parte de su población trabaja en actividades del sector primario (agrícolas, ganaderas y de extracción) y del terciario (servicios, comercio, turismo y sector público). En la provincia de Pastaza se encuentra parte del territorio del Parque Nacional Yasuní (SENPLADES, 2013).

El cantón Arajuno se encuentra localizado en la parte noreste de la provincia de Pastaza y tiene una superficie de 8.869,47 km². Según el uso de suelo la categoría de Bosque es el área más predominante y la más importante en este cantón, con una superficie aproximada de 7.950 km², seguida por el área agropecuaria y el área urbana (PDYOT Arajuno, 2011). Su población de 6.491 habitantes (INEC, 2010), se caracteriza por la presencia de cuatro grupos étnicos bien diferenciados: los Kichwa, Waorani, Shuar y Mestiza (colonos). La nacionalidad Kichwa constituye el 81% de la población indígena en este cantón. La principal actividad económica que se realiza y que es desarrollada por las comunidades Kichwa, Waorani y Shuar es la agrícola, produciendo yuca, plátano, papa china, cacao, maní, maíz y frutales. Los excedentes de la producción agrícola lo destinan a la venta en los mercados del cantón (PDYOT Arajuno, 2011).

Este cantón tiene dos parroquias: Arajuno (urbana) (Figura 2) y Curaray (rural) y ocupa una superficie de 638,93 km², representando el 7% del total de territorio cantonal. En el año 2010 registraba 3.806 habitantes con 32 comunidades indígenas en su mayoría Kichwa asentadas en este territorio (Figura 3). El Bosque y Vegetación Protector El Oglán Alto de la Comunidad Kichwa Etno-Ecológica Pablo López del Oglán Alto CEPLOA, con una superficie de 3.322,65 ha, se encuentra ubicado en esta parroquia (Figura 4.A) (PDYOT Arajuno, 2011).



Figura 2. Vista aérea de la parroquia Arajuno (GADMIPA, 2017).



Figura 3. Miembros de las comunidades Indígenas Kichwas (GADMIPA, 2017).

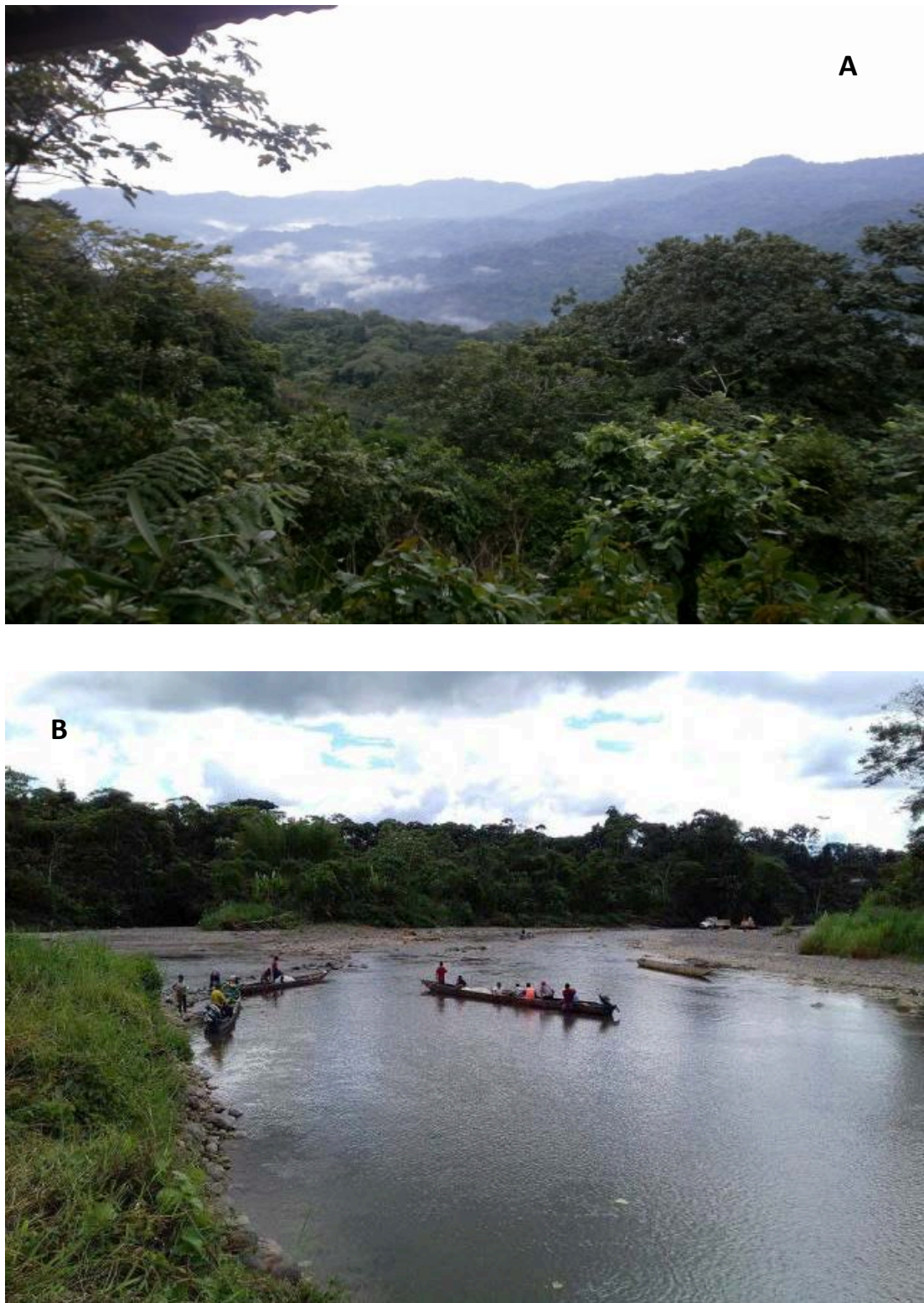


Figura 4. A. Vista panorámica del Bosque y Vegetación Protector El Oglán Alto. B. Transporte fluvial en canoa usado por las comunidades Kichwas (GADMIPA, 2017).

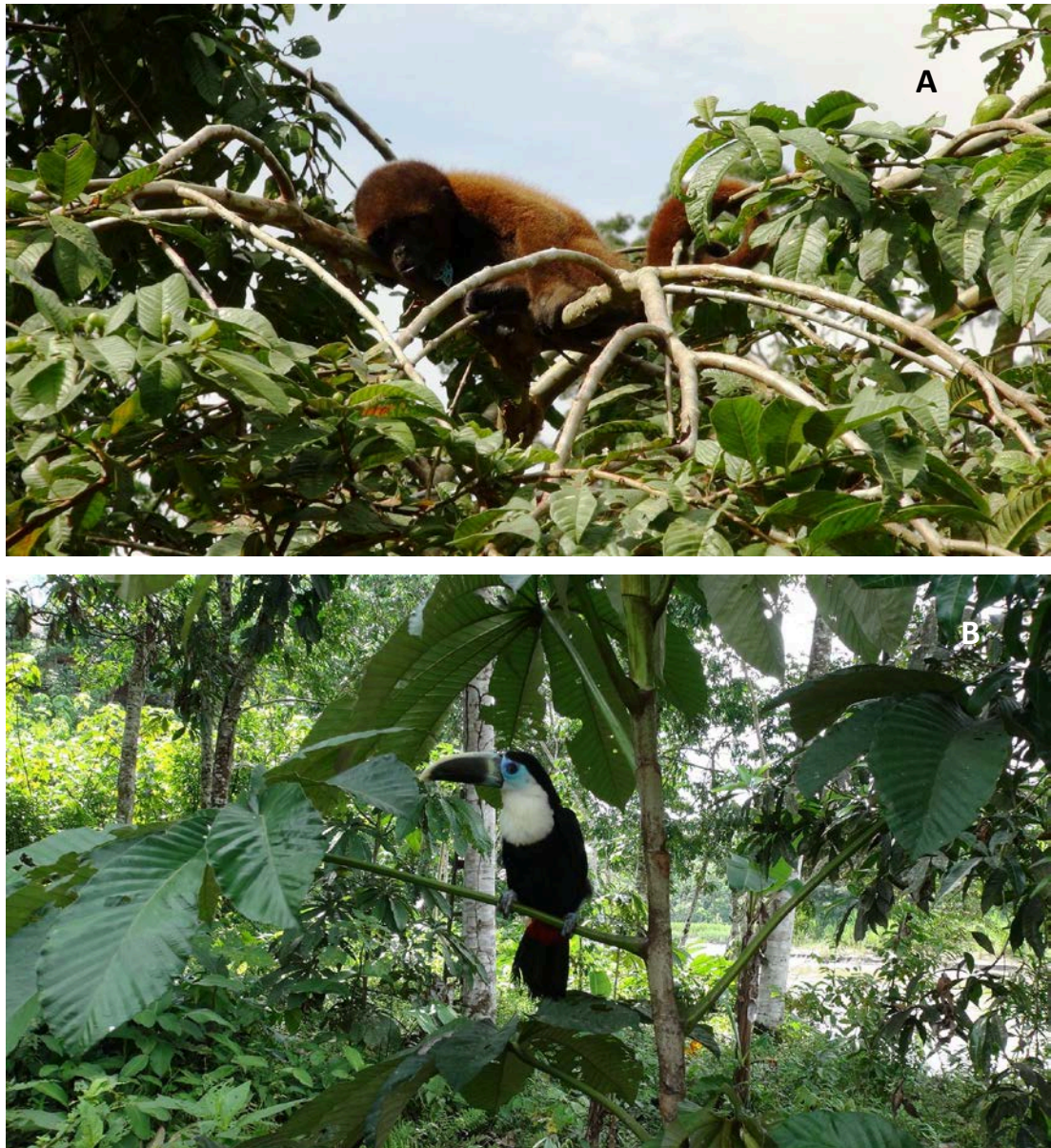


Figura 5. Fauna del cantón Arajuno, parroquia Arajuno (GADMIPA, 2017). A. Primate mono chorongo *Lagothrix poeppigii*. B. Ave tucan *Ramphastos* sp.



Figura 6. Artesanías de las comunidades Kichwas (GADMIPA, 2017). A. Mocahuas (vasijas artesanales realizadas por mujeres Kichwas). B. Bisutería artesanal.

PROVINCIA DE NAPO.**Cantón El Chaco, Parroquia rural Santa Rosa.**

La provincia de Napo se encuentra en la región Amazónica del Ecuador. Esta región se extiende sobre un área de 12.476 km² y su capital es la ciudad de Tena. Es conocida por la gran riqueza natural que alberga, por lo que es considerada como uno de los diez “puntos calientes” (hotspots) de biodiversidad de los trópicos. En esta provincia se encuentran importantes áreas protegidas como el Parque Nacional Sumaco–Napo Galeras (Figura 7), el Parque Nacional Cayambe Coca (Figura 8), la Reserva Ecológica Antisana (Figuras 9 y 10) y la Reserva Biológica Colonso Chalupas (MAE, 2013).

En esta provincia se encuentra el cantón El Chaco, ubicado en su extremo norte, y está a una distancia aproximada de 120 Km de Quito. Este cantón está dentro de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Sumaco – Napo Galeras y forma parte del Valle del Quijos (Figura 11), que involucra a los cantones Quijos y El Chaco (MAE, 2013). Posee una población de 7.960 habitantes (INEC, 2010). La superficie total del cantón abarca 3.528,50 Km² y su rango altitudinal va desde los 400 hasta los 4.200 m. Este amplio rango de distribución altitudinal dentro del cual se encuentra este cantón, le ha permitido que en su interior se desarrollen varios ecosistemas que van desde las zonas bajas en la región tropical hasta las zonas altas que incluyen a los páramos altoandinos (Torres, 2011).

Su parroquia rural Santa Rosa posee una superficie de 307,26 Km² con una población de 1.243 habitantes (INEC, 2010). Se encuentra entre los 600 y 3.600 m de altitud. La bondad de su clima permite una diversidad de cultivos propios de los diferentes microclimas, ya que en la zona cálida se siembran: caña, plátano, yuca, tomate de árbol, granadilla y naranjilla y en la zona templada: cebolla blanca, maíz, fréjol, entre otras hortalizas. Las principales actividades económicas de esta parroquia son la ganadería con un 47% y la agricultura en un 26%. La agricultura es la segunda actividad económica más importante que se da en Santa Rosa, dedicándole un 60% de su producción al cultivo de tomate de árbol *Solanum*

betaceum Cav. Otra prioridad de cultivo de fruta es la naranjilla *Solanum quitoense* Lam. que se da a nivel de fincas familiares y privadas. La producción de estas frutas es distribuida de forma directa por los productores o a través de intermediarios en los diferentes mercados de las provincias de Napo y Pichincha (Torres, 2011).



Figura 7. Zona alta del Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras. (Fotografía por cortesía de Luis Espinoza).



Figura 8. Cascada de San Rafael, Parque Nacional Cayambe-Coca.



Figura 9. Volcán Antisana y Laguna de la Mica, Reserva Ecológica Antisana.
(Fotografía por cortesía de Augusto Granda G.).



Figura 10. Volcán Antisana, Reserva Ecológica Antisana. (Fotografía por cortesía de Valeria Granda O.).



Figura 11. Vista panorámica del Valle del Quijos, provincia del Napo.

PROVINCIA DE COTOPAXI.

La provincia de Cotopaxi se halla localizada en la región interandina al norte de Ecuador y posee una extensión de 6.109 km², siendo su capital la ciudad de Latacunga. Esta provincia se caracteriza por la presencia de una actividad volcánica antigua y reciente que se ha superpuesto sobre el macizo montañoso de los Andes, como resultado de los diversos procesos geológicos. En esta provincia se encuentra el volcán activo Cotopaxi y el volcán Chalupas, ubicado al sureste del Cotopaxi y varios volcanes considerados como inactivos: Quilotoa (Laguna Quilotoa) (Figura 12), Los Ilinizas, Saguatoa, Putzalagua, Chinibano, Rumiñahui y Santa Cruz. Dentro de su territorio están cuatro áreas protegidas declaradas como parte del Patrimonio Natural del Estado: Parque Nacional Cotopaxi (Figura 13), Parque Nacional Llanganates, Reserva Ecológica Los Ilinizas y Área Recreacional El Boliche, las cuales abarcan aproximadamente el 21% del territorio provincial (PDYOT Cotopaxi, 2015).



Figura 12. Laguna Quilotoa, Reserva Ecológica Ilinizas.



Figura 13. Volcán Cotopaxi, Parque Nacional Cotopaxi.

Esta provincia es eminentemente agrícola gracias a su diversidad de pisos climáticos que garantizan una producción diversa para el consumo local, nacional y la exportación. Los principales cultivos son: maíz suave seco, cacao, caña de azúcar, maíz suave choclo, papa, cebada, plátano, banano, maíz duro seco y naranja. A estos productos se agregan aquellos que corresponden al sector agroexportador, como son las flores, el brócoli y la alcachofa. La provincia de Cotopaxi tiene 7 cantones: La Maná, Latacunga, Salcedo, Saquisilí, Sigchos, Pangua, Pujilí (PDYOT Cotopaxi, 2015).

Cantón Salcedo, Parroquia rural Panzaleo.

El cantón Salcedo tiene una superficie de 485,61 km², y una población de 58.216 habitantes (INEC, 2010). Este cantón posee muchas zonas naturales, sitios históricos, fiestas muy características, la gastronomía típica, sus artesanías, el folklore, infraestructura hotelera, de recreación y monumentales haciendas. En cuanto a tradiciones, el cantón Salcedo es un lugar privilegiado por encontrarse ubicado sobre los antiguos asentamientos de los Panzaleos, una de las tribus más antiguas de la serranía ecuatoriana por lo que la cultura continúa manteniéndose esencialmente indígena (Figura 14) (PDYOT Cotopaxi, 2015).

Una de sus parroquias rurales es Panzaleo que tiene una extensión de 17,43 km² y cuenta con una población de 3.455 habitantes (INEC, 2010). Está ubicada en el centro sur del cantón Salcedo; es una zona sumamente accidentada, con pequeñísimos valles. Esta es una de las parroquias más antiguas del cantón Salcedo y ha mantenido su nombre prehistórico quizás desde el asentamiento de los Panzaleos. En la parroquia Panzaleo se encuentran atractivos turísticos representativos como el balneario de Nagsiche y la Laguna de Yambo. Esta laguna se ubica en el sector de Pataín y posee diferentes vertientes de origen subterráneo; mide aproximadamente 1.000 metros de longitud por 400 metros de ancho y tiene una coloración turquesa algo amarillenta. Vista de cerca se puede observar que el agua es turbia debido a los minerales disueltos y a la falta de circulación del agua. Desde el mirador ubicado en la parte occidental de la Laguna se pueden observar hermosos paisajes que contrastan con la flora y fauna existente en la zona (Figura 15) (PDYOT Panzaleo, 2015).



Figura 14. Indígenas de la Sierra ecuatoriana, cantón Salcedo.



Figura 15. Laguna de Yambo, cantón Salcedo, parroquia rural Panzaleo.

Cantón Latacunga, Parroquia rural San José de Poaló.

El cantón Latacunga posee una extensión de 1.385,64 km² y una población de 170.489 habitantes (INEC, 2010). Está a una altitud de 2.850 m, su clima es templado y frío; en este cantón se concentran principalmente las actividades de agricultura, ganadería, silvicultura, transporte y comercio al por mayor y menor (PDYOT Cotopaxi, 2015).

La parroquia San José de Poaló se encuentra ubicada al oeste de este cantón con una extensión de 7.536,22 ha y cuenta con 5.709 habitantes. Esta parroquia se localiza entre los 2.880 m hasta los 4.240 m. En esta parroquia se cultivan una gran variedad de productos agrícolas siendo los principales: col, lechuga, papa, zanahoria, zambo, zapallo, maíz suave, fréjol en vaina tierna, cebada, lupino (altramuz), alfalfa y pastizales. Entre los 3.101 a 3.700 m los cultivos principales son la cebada, haba en vaina tierna, papa, arveja, lupino (altramuz), pastos, entre otros. La parroquia San José de Poaló era parte de las grandes haciendas de la Sierra central de Ecuador, que luego dieron origen a otras haciendas más pequeñas; algunas de estas en la actualidad son ganaderas para producción de leche y elaboración de productos lácteos y también están dedicadas de forma extensiva al cultivo de brócoli y flores para la exportación (PDYOT San José de Poaló, 2012).

PROVINCIA DE PICHINCHA.

La provincia de Pichincha está situada al norte del país, en la región Sierra o Interandina. Su capital administrativa es la ciudad de Quito, la cual es la capital de Ecuador y además es la urbe más poblada. La provincia de Pichincha tiene 9.535,91 km² de extensión (PDYOT Pichincha, 2011) y cuenta con 2.576.287 habitantes (INEC, 2010). La provincia de Pichincha, por su ubicación estratégica en el centro del país y la disponibilidad de infraestructura logística de transporte (Aeropuerto Internacional, Terminales Terrestres) y el buen estado de las vías de interconexión nacional y regional, mantiene una adecuada funcionalidad interna y externa,

basada en la generación de grandes intercambios de personas y productos (PDYOT Pichincha, 2011).

Además cuenta con zonas de alto valor paisajístico que favorecen el turismo, como son: una gran extensión de áreas protegidas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas SNAP, Bosques Protectores, Quito-Patrimonio de la Humanidad y la Mitad del Mundo. Hay que destacar tres áreas importantes para las aves (IBAS: Important Bird Area): Mindo, Río Caoní y Bancos Milpe; los Páramos que se encuentran dentro de su territorio ocupan el 9,2% de superficie del total del país (211.080 ha). La multiplicidad de sustratos ecológicos y variedad de climas (del glacial al subtropical), propicia la producción de una gran diversidad de alimentos. Esta característica le ha permitido también contar con empresas de exportación como las generadas por la producción de flores, palmito, legumbres y hortalizas (alcachofa) (PDYOT Pichincha, 2011).

La provincia de Pichincha tiene 8 cantones: Cayambe, Mejía, Pedro Moncayo, Pedro Vicente Maldonado, Puerto Quito, San Miguel de los Bancos, Rumiñahui y Quito (INEC, 2010).

Cantón Quito, Parroquia urbana San Isidro de El Inca.

El cantón Quito tiene 4.217,95 km² de extensión y una población de 2.239.191 habitantes (INEC, 2010). Su relieve irregular y su ubicación ecuatorial definen en lo ambiental a este cantón como heterogéneo, con una importante diversidad de recursos naturales, pisos climáticos y ecosistemas, que constituyen potencialidades desde la perspectiva ambiental, productiva y turística. Algunas Áreas Protegidas se encuentran en este territorio, como la Reserva Geobotánica del Pululahua (Figura 16), la Reserva Ecológica Cayambe-Coca y las micro-cuencas de los ríos Mashpi, Guaycuyacu y Sahuangal. El Distrito cuenta con un total de 55 parroquias, 33 rurales y 32 urbanas, una de sus parroquias urbanas es San Isidro de El Inca (PMOT, 2012).



Figura 16. Cráter del volcán Pululahua, Reserva Geobotánica Pululahua (Fotografía cortesía de Emilio Cachumba).

Cantón Rumiñahui, Parroquia urbana de San Pedro de Taboada.

El cantón Rumiñahui está situado al sureste de la provincia de Pichincha, a 20 minutos de la ciudad de Quito. Al ser parte del Valle de los Chillos, este cantón se encuentra abrazado por imponentes volcanes, montañas, nevados y páramos de la cordillera occidental y oriental de los Andes. Se trata de un terruño (comarca) privilegiado, ya que posee diversos y potenciales atractivos turísticos, tanto en el sector urbano como en la zona rural. En la ciudad se pueden visitar parques con imponentes monumentos, iglesias, museos y casas centenarias. El sector rural tiene gran variedad de vida silvestre, ríos cristalinos (Figura 17.A), se destacan las atrayentes cascadas como la del cóndor Machay (Figura 17.B) e importantes remanentes de bosques nativos altoandinos (Figura 18) y las casas de hacienda coloniales llenas de historia y leyenda. Su clima es fascinante y agradable todo el año, la temperatura promedio anual es de 17°C (Goyes, 2013).

De todos los cantones de la provincia de Pichincha, Rumiñahui es el más pequeño en extensión, ya que posee 134,15 km² y cuenta con una población total de 98.284 habitantes. Este cantón incluye a las parroquias rurales Cotogchoa y

Rumipamba y las parroquias urbanas, Sangolqui, San Rafael y San Pedro de Taboada (PDYOT Rumiñahui, 2014).



Figura 17. A. Cañón del río Pita y sus ríos cristalinos. B. Cascada cóndor Machay.



Figura 18. Bosques nativos altoandinos.

La selección de las zonas donde se recolectaron las plantas se realizó basándonos en la información obtenida de algunos estudios etnobotánicos realizados en Ecuador y en la distribución geográfica de cada una de las especies vegetales objeto de estudio en este trabajo.





Figura 20. Remanentes de bosques localizados a lo largo del río Arajuno.



Figura 21. Remanentes de bosques rodeados por el río Wuapuno.



Figura 22. Borde de carretera que conecta la ciudad del Puyo con el cantón Arajuno, provincia de Pastaza.





Figura 23. Bosque y Vegetación Protector El Oglán Alto. A. Vista panorámica del bosque. B. Interior del bosque.



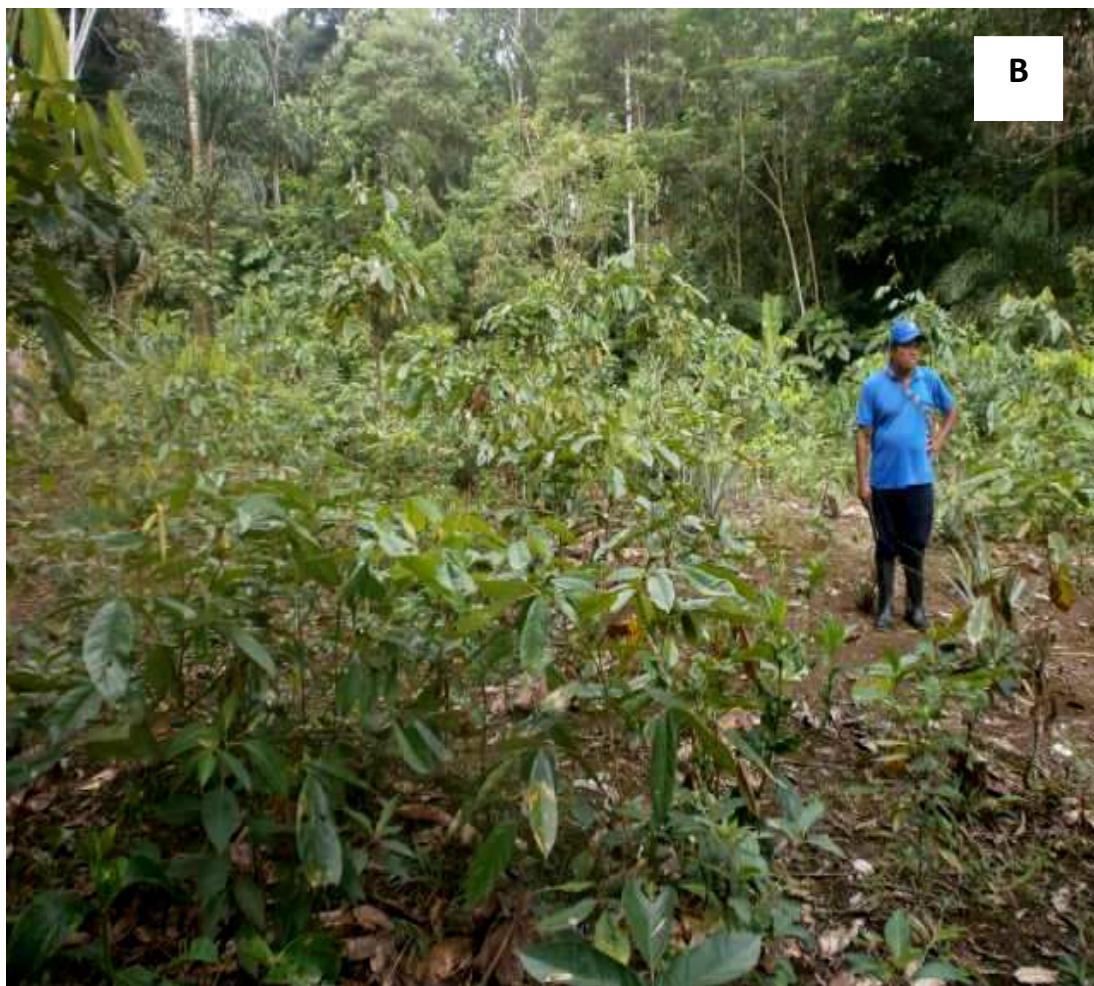


Figura 24. Chakras de las comunidades Kichwas. A. Chakra con especies alimenticias (plátano *Musa paradisiaca* y yuca *Manihot esculenta*). B. Chakra con cultivo de *Lonchocarpus utilis*.

El aprovechamiento del suelo para uso agrícola por parte de las comunidades Kichwas de Pastaza está definido en chakra, ushun y purun.

La chakra es un ecosistema productivo y reproductivo de la biodiversidad agrícola ancestral que está compuesta por una gran diversidad de especies y variedades vegetales semidomesticadas y domesticadas que sustentan a sus familias; en estas se concentran especies alimenticias, medicinales, rituales, cosméticas, saborizantes, tóxicas, entre otras, de ciclo temporal y anual (Figura 26). El ushun es considerado como un agroecosistema de transición de la chakra al ecosistema purun, se caracteriza por poseer una combinación de especies y variedades propias del proceso de regeneración natural (Figura 27). El purun es la fase final de la regeneración del bosque, en donde mediante la siembra de

especies arbóreas escogidas para uso alimenticio, maderable, medicinal, artesanal, ritual, alimentación de fauna, entre otros (Figura 28), son manejados para recuperar la cobertura vegetal del bosque que fue eliminada para dar paso a la chakra (Figura 25). De esta forma se concentra un manejo sostenible y adaptado a las condiciones de la selva Amazónica (Vacacela, 2008).



Figura 25. Establecimiento de la chakra.



Figura 26. Agroecosistema chakra establecida.



Figura 27. Agroecosistema Ushun.



Figura 28. Agroecosistema Purun.

Para la recolección de las plantas distribuidas en la región Sierra de Ecuador (Figura 29), se priorizó acceder a aquellas zonas geográficas más cercanas a la capital ecuatoriana. Debido a esto, la recolección se realizó en la provincia de Cotopaxi (cantón Salcedo, parroquia rural Panzaleo), en los alrededores de la Laguna de Yambo (Figura 30); en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia urbana San Isidro de El Inca está ubicada la quebrada Gualó en cuyas riberas se recolectó otra parte de material vegetal (Figura 31) y en jardineras ornamentales ubicadas en las casas de la parroquia urbana de San Pedro de Taboada, cantón Rumiñahui (Figura 32) (Tabla 1).

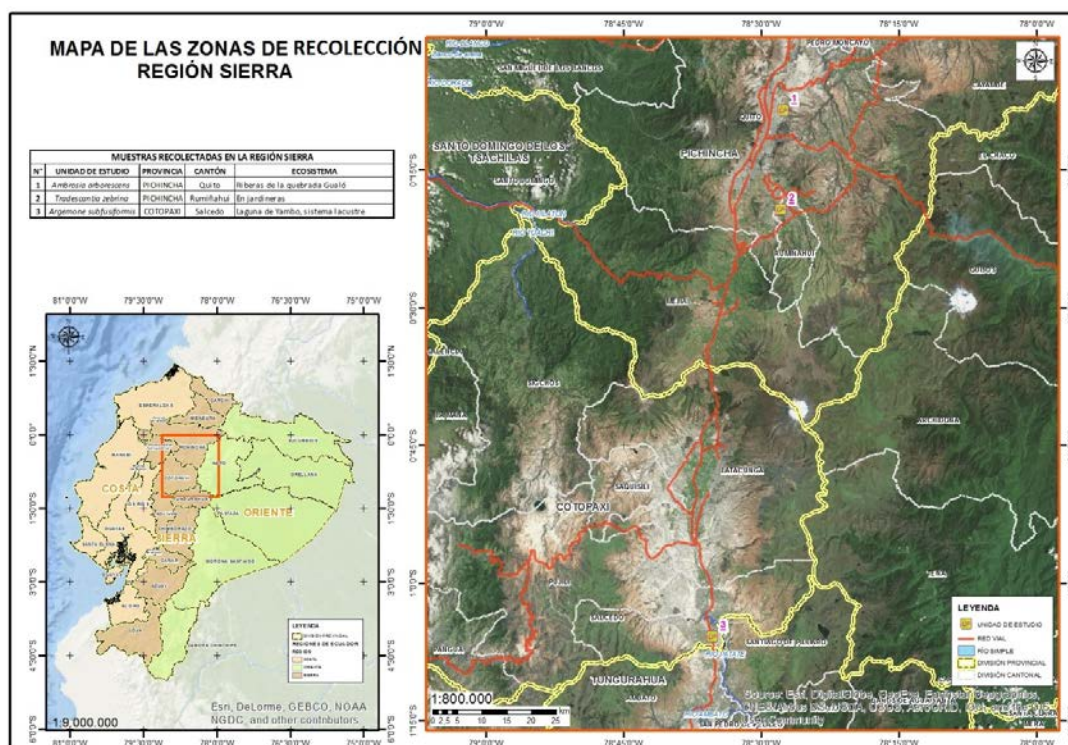


Figura 29. Zonas de recolección de plantas en la región Sierra de Ecuador.



Figura 30. Alrededores de la Laguna de Yambo, cantón Salcedo, parroquia rural Panzaleo.



Figura 31. Quebrada Gualó, cantón Quito, parroquia urbana San Isidro del Inca.



Figura 32. Jardineras ornamentales de casas ubicadas en el cantón Rumiñahui, parroquia urbana de San Pedro de Taboada.

Tabla 1. Distribución geográfica de las plantas estudiadas.

Región Costa: Esmeraldas **ES**, Los Ríos **LR**, El Oro **EO**, Guayas **GU**. Región Andes: Azuay **AZ**, Bolívar **BO**, Cañar **CÑ**, Carchi **CA**, Chimborazo **CH**, Cotopaxi **CO**, Imbabura **IM**, Loja **LO**, Pichincha **PI**, Tungurahua **TU**. Región Amazonía: Morona Santiago **MS**, Napo **NA**, Pastaza **PA**, Sucumbíos **SU**, Zamora Chinchipe **ZC**. Región Galápagos. Según Jørgensen y León-Yáñez (1999) y la Base de Datos en línea: *Tropicos Missouri Botanical Garden* <<http://www.tropicos.org>> la distribución en Ecuador de las plantas seleccionadas es:

Nombre científico	Hábito y estatus	Distribución en Ecuador	Localidad de recolección
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Árbol. Nativo	ES, LR, IM, PI, MS, NP, PA, SU, ZC.	Bosques Sucesionales de la cuenca alta del río Oglán. Pastaza
<i>Clibadium surinamense</i> L.	Arbusto. Nativo	ES, LR, EO, GU, BO, CA, PI, LO, TU, MS, NP, PA.	Chakras de las comunidades Kichwas. Pastaza
<i>Ambrosia arborescens</i> Mill.	Arbusto. Nativo	AZ, BO, CÑ, CA, CH, CO, IM, LO, PI, TU.	Riberas de la quebrada Gualó. Pichincha
<i>Bixa orellana</i> L.	Arbusto. Nativo y cultivado	EO, GU, LR, BO, CA, CH, CO, PI, MS, NA, PA.	Chakras de las comunidades Kichwas. Pastaza
<i>Tradescantia zebrina</i> Heynh. ex Bosse	Hierba. Introducida y cultivada	PI, NA.	En jardineras, cantón Rumiñahui. Pichincha
<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	Arbusto. Introducido y cultivado	LR, IM, LO, PI, TU, NA, SU.	En borde de carretera que conecta la ciudad del Puyo con el cantón Arajuno. Pastaza
<i>Lonchocarpus utilis</i> A.C. Sm.	Arbusto. Nativo y cultivado	NA, PA, SU.	Chakras de las comunidades Kichwas. Pastaza
<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey	Hierba. Nativa	AZ, CH, CO, IM, LO, PI, TU.	Alrededores de la Laguna de Yambo. Cotopaxi
<i>Prunus debilis</i> Koehne	Árbol. Nativo	NA, PA, SU.	Remanentes de bosques secundarios rodeados por el río Wuapuno. Pastaza
<i>Paullinia alata</i> G. Don	Liana. Nativa	ES, MS, NA, PA, SU.	En borde de carretera que conduce a la comunidad de Shiwakucha. Pastaza
<i>Paullinia clavigera</i> Schtdl.	Liana. Nativa	NA, PA.	Bosque de Colinas de la cuenca alta del río Oglán.
<i>Solanum mammosum</i> L.	Arbusto. Nativo y cultivado	ES, LR, LO, PI, NA, PA, SU.	Chakras de las comunidades Kichwas. Pastaza
<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Árbol. Nativo	EO, ES, LR, MA, BO, CA, IN, LO, PI, NA, PA, ZC.	Remanentes de bosques secundarios rodeados por el río Wuapuno. Pastaza
<i>Leonia crassa</i> L.B. Sm. & A. Fernández	Árbol. Nativo	NA, PA, SU.	Bosque de Colinas de la cuenca alta del río Oglán.

2.1.2. Descripción de las zonas de recolección de insectos

- Zona de recolección de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae).

El cultivo de naranjilla de la variedad INIAP-Quitoense 2009 (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense*), lugar donde se recolectaron frutos infestados con larvas de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae) está ubicado en la provincia de Napo, cantón El Chaco, parroquia rural Santa Rosa, Finca Rancho el Oso (190754.16 m E/9966863.18 m S) a 1.673 m (Figuras 33 y 37). Este cultivo ocupaba aproximadamente una hectárea de terreno: alrededor del mismo se podían apreciar especies vegetales que se encuentran en proceso de sucesión natural formando un parche de bosque secundario constituido por un tipo de vegetación que se ha desarrollado tras una alteración causada por el hombre, incluyendo la tala y limpieza del bosque primario para dar paso a potreros o cultivos.

Algunas de las especies identificadas fueron árboles pequeños y arbustos: *Piptocoma discolor* (Kunth) Pruski (Asteraceae), *Alchornea pearcei* Britton ex Rusby (Rubiaceae), *Acalypha diversifolia* Jacq. (Rubiaceae), *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Bombacaceae), *Cecropia marginalis* Cuatrec. (Cecropiaceae), *Geonoma undata* Klotzsch (Arecaceae), *Palicourea amethystina* (Ruiz & Pav.) DC. (Rubiaceae), *Ceroxylon echinulatum* Galeano (Arecaceae), *Croton lechleri* Müll. Arg. (Euphorbiaceae), *Hedyosmum racemosum* (Ruiz & Pav.) G. Don (Chloranthaceae), *Hieronyma alchorneoides* Allemão (Euphorbiaceae), *Saurauia prainiana* Buscal. (Actinidiaceae). También se observaron helechos terrestres y arborescentes de los géneros *Asplenium*, *Polypodium* y *Cyathea*. El estrato herbáceo y epifítico se caracterizó por la abundancia de especies de hojas grandes como *Costus scaber* Ruiz & Pav. (Costaceae), *Cyclanthus bipartitus* Poit. ex A. Rich. (Cyclanthaceae) y especies de los géneros *Anthurium*, *Philodendron* y *Rhodospatha*.



Figura 33. Cultivo de naranjilla común o de jugo mejorada, correspondiente a la variedad INIAP-Quitoense 2009 (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense*).

- Zona de recolección de *Delia platura* (Meigen, 1826) (Diptera: Anthomyiidae).

El cultivo de brócoli *Brassica oleracea* var. *italica*, lugar donde se recolectaron las pupas de *Delia platura* (Meigen, 1826) (Diptera: Anthomyiidae), está localizado en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia rural San José de Poaló, Finca Agrícola Santa Isabel (760787.00 m E/ 9904113.00 m S) a 2.800 m (Figuras 34 y 37). Esta finca ocupa una superficie aproximada de 25 hectáreas de las cuales un 80% está destinado a la producción de brócoli (Figuras 35 y 36). Alrededor de la finca existen franjas dispersas de eucalipto.



Figura 34. Finca Agrícola Santa Isabel. A. Brócoli *Brassica oleracea* var. *italica*.



Figura 35. Siembra de brócoli *Brassica oleracea* var. *italica*. A. Plántula a ser sembrada.



Figura 36. Cosecha de brócoli *Brassica oleracea* var. *italica*. A. Recolección manual.

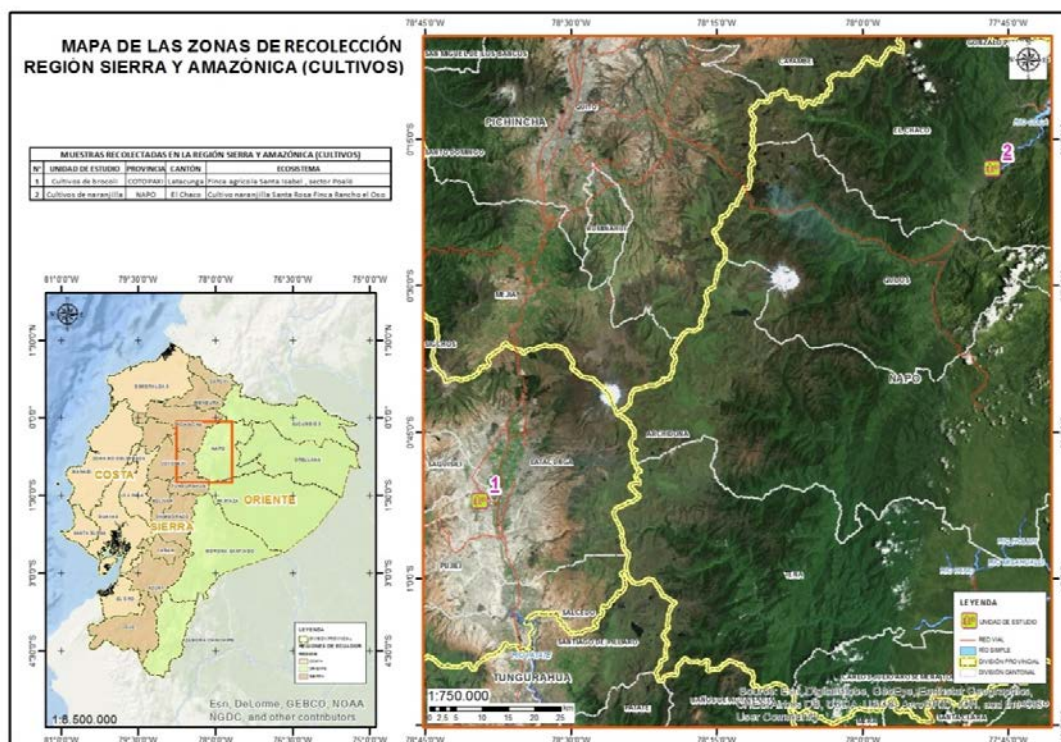


Figura 37. Zonas recolección de insectos plaga, regiones Sierra y Amazónica de Ecuador.

- Zona de recolección de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).

En el caso de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), se solicitaron larvas neonatas (Figura 38) a la Estación Experimental Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero”, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, ubicada en la provincia del Guayas, cantón Yaguachi, Km. 26 vía Durán – Tambo en las coordenadas (650730.72 m E/9750494.54 m S) a 14 m. Esta estación facilitó la provisión de esta plaga ya que poseen una colonia establecida la cual ha servido para realizar diferentes investigaciones.



Figura 38. Larvas neonatas de *Spodoptera frugiperda* enviadas por la Estación Experimental Litoral Sur INIAP.

- Zona de recolección de *Premnotrypes vorax* (Hustache, 1933) (Coleoptera: Curculionidae).

Los adultos de *Premnotrypes vorax* (Hustache, 1933) (Coleoptera: Curculionidae) se recolectaron en un cultivo de papa o patata *Solanum tuberosum*, ubicado dentro

de los predios de propiedad de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, la cual está ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, parroquia rural Cutuglahua, Panamericana Sur Km. 1 en las coordenadas (772133.25 m E/9959182.79 m S) a 3.059 m (Figura 39). Este cultivo ocupaba aproximadamente dos hectáreas de terreno.



Figura 39. Cultivo de papa *Solanum tuberosum*, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

2.2. Selección, descripción y recolección de las plantas

2.2.1. Selección de plantas

La selección de las especies vegetales se realizó mediante una exhaustiva búsqueda bibliográfica, que incluyó información etnobotánica, ubicación geográfica, hábito, usos, parte de la planta que se usa, nombre común, comunidad indígena que lo utiliza, y consulta a expertos botánicos Ecuatorianos. Una vez seleccionadas las plantas, se las ubicó geográficamente para posteriormente ir a recolectarlas.

La bibliografía consultada para éste apartado fue la siguiente: Cerón, C. (1995): *Etnobiología de los Cofanes de Dureno*. Cerón, C. y Montalvo, C. (1998): *Etnobotánica de los Huaorani de Quehueiri-Ono*. Jørgensen, P. M. y León-Yáñez, S. (1999): *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Rios, M. et al. (2007): *Plantas útiles del Ecuador: aplicaciones, retos y perspectivas*. de la Torre, L. et al. (2008a): *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Quintana, C. (2013): *Plantas silvestres de los Valles Secos cercanos a Quito, Guía Ilustrada*. Vacas, O. et al. (2016): *Bioconocimiento de la flora ecuatoriana: Algunas plantas medicinales y sus usos*. Vacas, O. et al. (2017): *Los Kichwas del alto Napo y sus plantas medicinales*. Recurso en línea: Base de Datos Tropicos Missouri Botanical Garden <<http://www.tropicos.org>>.

Las especies vegetales seleccionadas para realizar la investigación fueron registradas (Tabla 2), con el propósito de que se facilite la búsqueda y recolección en campo. En esta investigación fue importante tomar en cuenta algunos aspectos para la selección de las plantas: a) conocer la distribución geográfica, pues esto facilita la movilización ya que se tuvo que regresar al mismo sitio de recolección por varias veces; b) conocer los nombres comunes en kichwa y en español; y c) hábito de la planta y que parte se usa. Puesto que las comunidades locales proporcionan información sobre la existencia y las propiedades de las plantas que existen en su lugar de vivienda, particularmente para la recolección de las especies de la Amazonía fue indispensable contar con la colaboración de un indígena Kichwa

nativo de la zona, que conocía la flora y su ubicación, pues esto garantiza que se está recolectando la especie correcta.

La amplia distribución geográfica, en Ecuador, de las 14 especies de plantas seleccionadas, constituyó un factor muy importante a considerarse en el momento de la recolección en campo. La bibliografía consultada permitió ubicar la región y provincia donde se encuentra cada una de las especies vegetales, sin embargo su localización exacta era desconocida, provocando que varias salidas al campo no fuesen exitosas, razón por la cual había que ampliar una búsqueda exhaustiva a diferentes sitios; esto ocurrió principalmente con las plantas distribuidas para la región Sierra de Ecuador. Esta consideración está directamente relacionada con la biodisponibilidad de material vegetal para la obtención de los extractos, pues conocer la ubicación exacta facilitó enormemente el poder ir al mismo sitio en campo cuantas veces fuere necesario, con la certeza de encontrarlas.

Para el caso de las tres especies de la Amazonía (*Clibadium surinamense*, *Lonchocarpus utilis* y *Solanum mammosum*) que fueron sembradas en la chakra de los indígenas Kichwas de Arajuno, se desarrollaron con éxito dentro de estos ecosistemas, permitiendo también de esta forma su recolección por varias ocasiones.

Tabla 2. Plantas seleccionadas para la obtención de extractos.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Parte usada
Arecaceae	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	“shiquita” (Kichwa), “palmera”, “rallador” (Español)	Hojas
Asteraceae	<i>Clibadium surinamense</i> L.	“panga ambi”, “barbasco” (Kichwa), “barbasco de hoja” (Español)	Hojas
	<i>Ambrosia arborescens</i> Mill.	“marco” (Español)	Hojas
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	“manduru” (Kichwa), “achiote” (Español)	Semillas
Commelinaceae	<i>Tradescantia zebrina</i> Heynh. ex Bosse	“oreja de tigre” (Español)	Hojas
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia cotinifolia</i> L.	“yuquilla” (Kichwa), “lechero” (Español)	Hojas
Fabaceae	<i>Lonchocarpus utilis</i> A.C. Sm.	“ambi”, “barbasco” (Kichwa), “barbasco de raíz” (Español)	Hojas
Papaveraceae	<i>Argemone subfusiformis</i> G.B. Ownbey	“cardo santo” (Español)	Hojas
Rosacea	<i>Prunus debilis</i> Koehne	“sindi” (Kichwa)	Hojas
Sapindaceae	<i>Paullinia alata</i> G. Don	“taruga huasca” (Kichwa)	Hojas
	<i>Paullinia clavigera</i> Schltdl.	“pacai huasca”, “barbasco” (Kichwa)	
Solanaceae	<i>Solanum mammosum</i> L.	“chuchu laranja” “chuchu huagra” (Kichwa), “teta de vaca” (Español)	Frutos
Staphyleaceae	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	“cupa” (Kichwa)	Hojas
Violaceae	<i>Leonia crassa</i> L.B. Sm. & A. Fernández	“tamia yura” (Kichwa) “árbol de la lluvia” (Español)	Frutos

2.2.2. Descripción de las plantas seleccionadas

- *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. (**Fam. Arecaceae**).

Nombre común: “shiquita” (Kichwa), “palmera”, “rallador” (Español).

Descripción morfológica: Palma solitaria de dosel, de hasta 20 m de alto y 20 cm de diámetro. Corona con 5-8 hojas erectas de 2-4 m. Inflorescencia infrafoliar, péndula; flor unisexual. Fruto elipsoide, con 1 semilla. Algunas características distintivas son su cono de raíces (Figura 40.A) cubiertas densamente por espinas cónicas (Figura 40.B) y las pinnas dispuestas en distintos planos, dando a la corona una apariencia plumosa. El ápice de las pinnas tiene forma de cola de pez (Figura 40.C) (Pérez *et al.*, 2014).

Especies similares: *Iriartea deltoidea* y *Wettinia maynensis* (Pérez *et al.*, 2014).

Ecología: Esta especie fue recolectada en el Bosque y Vegetación Protector El Oglán, en Bosques Sucesionales, que se distribuyen entre los 600 y los 1.000 m. Este tipo de bosques es consecuencia de las fuertes pendientes y los deslizamientos del suelo en épocas de fuerte lluvia y vientos, la caída de los árboles emergentes y del dosel permite la formación de claros, donde las especies pioneras están esperando su oportunidad para desarrollarse en las diferentes etapas de sucesión vegetal (Cerón *et al.*, 2007). Las flores son visitadas por abejas y coleópteros. Los frutos son alimento de murciélagos, monos y tucanes (Pérez *et al.*, 2014).

Usos Kichwa: Las semillas se usan en artesanías. La raíz se emplea como rallador y el tallo en la construcción de viviendas (Pérez *et al.*, 2014). La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas. Lo usan para matar cucarachas, ya que se colocan las hojas de esta planta en toda la casa y actúa como veneno. [VENENO, insecticida (hojas)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 40. Palma solitaria de *Socratea exorrhiza*. A. Cono de raíces. B. Raíces cubiertas densamente por espinas cónicas. C. Dosel y corona con hojas erectas, ápice de las pinnas con forma de cola de pez.

- *Clibadium surinamense* L. (**Fam. Asteraceae**).

Nombre común: “panga ambi”, “barbasco” (Kichwa), “barbasco de hoja” (Español).

Descripción morfológica: Arbusto perenne erecto de 1-3 m. Tallo con pelos dispersos, ramas jóvenes densamente tomentosas. Hojas simples, opuestas (Figura 41.A); pecíolo de 1-1,5 cm, puberulentas; láminas elípticas a oblongas, de 6-18 cm de largo, 1.5-6 cm de ancho, acuminadas en el ápice, la base a menudo obtusa, márgenes aserrados, venas pinnadas, puberulentas en ambas superficies. Inflorescencias terminales corimbosas; cabezas sésiles (Figura 41.B). Brácteas involucrales 6-9, elíptica a oval, imbricados, cilíndricos, en 3-4 series, persistente. Flores: 10-12 por cabeza, monoicas, flores masculinas centrales 6-8, corola blanca; flores femeninas marginales 3-4, corola blanca, ovario apical pubescente. El fruto es una cipsela carnosa, trianguloide, con vellosidades por encima, se agrupan formando un racimo (Figura 41.C) (Tseng *et al.*, 2008).

Ecología: Especie cultivada en chakras por los Kichwas de Arajuno. El método de propagación es a través de sus semillas maduras, las mismas que son lanzadas por manojos al suelo removido de la chakra y dejadas sin cubrir por la tierra. Las hojas de esta especie no presentan evidencia de herbivoría.

Usos Kichwa: La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas. Los Kichwas de Arajuno las usan para pescar. Las hojas machacadas de esta planta se ponen en un riachuelo, con el fin de que los peces mueran y floten hacia la superficie. Se usan aproximadamente 100 hojas de esta planta. [VENENO, barbasco, ictiotóxico, pesca (hojas)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 41. Arbusto de *Clibadium surinamense*. A. Hojas simples, opuestas. B. Inflorescencias corimbosas, terminal; cabezas sésiles, corola blanca. C. Frutos en racimo.

- *Ambrosia arborescens* Mill. (**Fam. Asteraceae**).

Nombre común: “marco” (Español).

Descripción morfológica: Arbusto leñoso o árbol pequeño erecto de hasta 4 m de altura; tallo cilíndrico erguido, ramoso, de color verde blanquecino; hojas alternas, pecioladas, divididas en pequeños segmentos, lobadas (Figura 42.A). Inflorescencias paniculadas, racimosas distalmente (Figuras 42.B y C), corolas color crema-amarillento y los frutos son aquenios, pequeños, elipsoidales, de color pardo (Jaramillo, 2013). Algunas características distintivas son sus hojas con olor alcanforado muy fuerte, y que no presentan herbivoría.

Ecología: Esta especie es originaria de América del Sur, nativa de los Andes ecuatorianos y crece entre 2.000-3.500 metros (Quintana, 2013). Es fácil encontrarla creciendo de forma natural en las riberas de las quebradas de la ciudad de Quito. La siembra de ésta especie se realiza a través de pequeñas plántulas. Los frutos son aquenios, que se dispersan fácilmente por el viento. Florece todo el año, especialmente en los meses lluviosos, es visitada por abejas y mariposas (Quintana, 2013).

Usos: La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas. Es usada especialmente por los habitantes de las zonas rurales de la Sierra ecuatoriana. Se suele usar como cercas vivas y lo siembran alrededor de las huertas y de las casas. El tallo y las hojas se frotan sobre la piel de las personas durante el baño con el fin de alejar las malas energías (“quitar el espanto”). El extracto de las hojas maceradas con agua se usa para bañar a los perros con el propósito de limpiarlos de garrapatas, insectos y piojos. Las inflorescencias y las ramas secadas al ambiente, son quemadas en el ahumador y colocado en el orificio de la piquera de la colmena, para que el humo llegue hasta las abejas, para eliminar la varroasis (ácaros-ectoparásitos) de las colmenas de cría. [ORNAMENTAL, cercas vivas (planta)]. [RITUAL, creencia tradicional (tallo y hojas)]. [VENENO, insecticida (hojas)]. [VETERINARIO, antiparasitario (hojas)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 42. Arbusto de *Ambrosia arborescens*. A. Hojas alternas, pecioladas, ampliamente ovadas, casi orbicular en su contorno. B y C. Inflorescencias paniculadas, racimosas distalmente.

- *Bixa orellana* L. (**Fam. Bixaceae**)

Nombre común: “manduru” (Kichwa), “achiote” (Español).

Descripción morfológica: Arbusto grande de 5-9 metros de altura; tronco corto y generalmente con copa densa redondeada; hojas alternas de 18-30 x 10-19 cm, elípticas, cordadas en la base, enteras, glabras (Figura 43.A); flores grandes, de 5-10 cm de longitud, corola con cinco pétalos blancos o rosados, estambres morados y muy numerosos; fruto como cápsula ovoide o cónica, de 3-4,5 cm de diámetro, color café y completamente cubierta con espinas blandas café-rojizas (Figura 43.B); semillas numerosas, pequeñas, cubiertas por abundante pulpa rojo-anaranjada (Figura 43.C) (Vacas *et al.*, 2016).

Ecología: Especie domesticada y sembrada en chakras por las comunidades Kichwas de Arajuno.

Usos Kichwa: Las semillas del fruto maduro son usadas como condimento para la preparación de alimentos y también como colorante para pintarse la cara durante las fiestas Kichwas. [ALIMENTO, condimento (semillas)]; [COSMÉTICO, pintura corporal (semillas)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 43. Arbolito de *Bixa orellana*. A. Hojas alternas, elípticas, cordadas en la base, enteras, glabras. B. Fruto como cápsula ovoide o cónica, color café y completamente cubierta con espinas blandas café-rojizas. C. Semillas numerosas, pequeñas, cubiertas por abundante pulpa rojo-anaranjada.

- *Tradescantia zebrina* Heynh. ex Bosse (**Fam. Commelinaceae**).

Nombre común: “oreja de tigre” (Español).

Descripción morfológica: Esta planta perenne tapizante de hoja también perenne tiene las hojas verde azulado con dos anchas franjas plateadas y teñidas de púrpura por el envés (Figura 44.A). Las flores son rosadas o azul violáceo y brotan en primavera y verano (Figura 44.B). Mide hasta 15 cm de alto y es sensible a las heladas. “Purpusii” es una variedad rastrera con follaje púrpura y flores rosadas. “Quadricolor” tiene las hojas listadas de verde, rosa, rojo y blanco. Sus minúsculas flores, de color blanco, brotan también principalmente en primavera y verano (Burnie *et al.*, 2006).

Ecología: Especie ampliamente sembrada en jardineras, debido a sus coloridas hojas y flores.

Uso: La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas. Se cultiva en macetas. Planta ornamental. [ORNAMENTAL (planta)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 44. Planta rastrera de *Tradescantia zebrina*. A. Hojas alternas, elípticas, cordadas en la base, enteras, glabras, perennes; el haz verde azulado con dos anchas franjas plateadas y teñidas de púrpura por el envés. B. Flores son rosadas o azul violáceo.

- *Euphorbia cotinifolia* L. (**Fam. Euphorbiaceae**)

Nombre común: “yuquilla” (Kichwa), “lechero” (Español).

Descripción morfológica: Arbusto o árbol de 3 a 6 metros de alto; hojas pecioladas, redondeadas, ovaladas 5 a 7 cm de largo, glabras por debajo o escasamente pubescentes; involucras en densas cimas terminales; apéndices de las glándulas más ancho que largo crenadas. Las inflorescencias son terminales (Figura 45.A). El ciato tiene 2-4 mm con cuatro a seis glándulas nectarías, ovales a casi redondas, de color verde y con aproximadamente 1 mm de largo, de color blanco a crema como apéndice (Figura 45.C). Látex lechoso (Standley, 1923; Padilla y Asanza, 2002).

Ecología: Es común observar ésta planta creciendo en la entrada de las casas y en los bordes de carreteras.

Uso Kichwa: El látex de esta planta es usado para matar el “tupe” *Dermatobia hominis* (Diptera: Oestridae) cuando se implanta en la piel del cuerpo humano. [MEDICINAL, dermatológico (látex). [ORNAMENTAL (planta)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 45. Árbol de *Euphorbia cotinifolia*. A. Inflorescencias terminales. B. Flor. C. Cíato.

- *Lonchocarpus utilis* A.C. Sm. (**Fam. Fabaceae**)

Nombre común: “ambi”, “barbasco” (Kichwa), “barbasco de raíz” (Español).

Descripción morfológica: Arbusto o planta bejucosa, que crece en partes húmedas; raíces de hasta dos metros de largas, amarillentas, cilíndricas, 1-4 cm de diámetro; hojas imparipinnadas con pinnas opuestas pecioladas, elíptico-lanceoladas, acuminadas (Figura 46.A), varían mucho en tamaño desde 19-36 cm largo por 7,5-14 cm ancho; racimos axilares compuestos, con flores a menudo germinales sobre breves ejes secundarios (García, 1992; Vacas *et al.*, 2017).

Ecología: Los Kichwas de Arajuno, le dan mucha importancia al cultivo de esta especie, ocupa casi toda la superficie de suelo destinada para la chakra. Su reproducción vegetativa es a través de estacas. Una vez que se ha determinado el lugar donde serán sembradas, estas son cortadas en estacas de unos 30 cm aproximadamente, existe la creencia de que estas estacas antes de ser sembradas deben ser castigadas “golpeadas” con ramas, con el fin de que crezca sana y con raíces fuertes, una vez realizado este ritual las estacas son sembradas de forma inclinada en el suelo. Sus hojas no presentan herbivoría.

Uso Kichwa: La estructura vegetal con potencial acción biocida es la raíz. La raíz de esta planta es cortada en trozos de unos 50 cm y machacada con un palo de madera sobre un tronco. Los pedazos machacados de la raíz son desaguados en el río, donde liberan un líquido de color blanquecino. Pasados unos cinco o diez minutos, los peces comienzan a saltar o a flotar sobre el río. [VENENO, barbasco, ictiotóxico, pesca (raíz)] (Rios *et al.*, 2007).

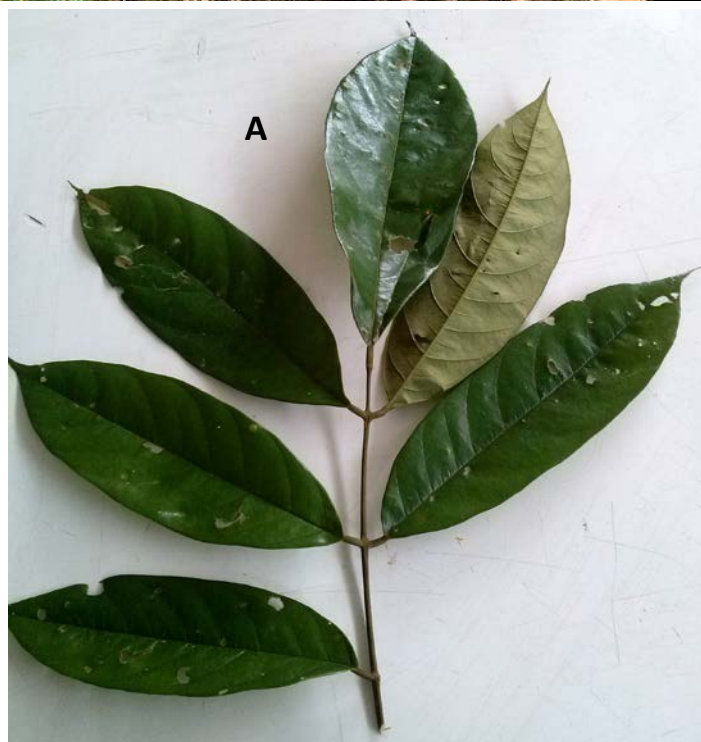


Figura 46. Arbusto de *Lonchocarpus utilis*. A. Hojas imparipinnadas con pinnas opuestas pecioluladas, elíptico-lanceoladas, acuminadas.

- *Argemone subfusiformis* G.B. Ownbey (**Fam. Papaveraceae**)

Nombre común: “cardo santo” (Español).

Descripción morfológica: Hierba anual, glabra, glauca, latescente. Tallos: erguidos, ramificados de 25-100 cm de altura. Hojas: manchadas de blanco, glaucas (Figura 47.A), alternas (las inferiores subarrosietadas), oblanceoladas (forma de la hoja), angostadas, abrazadoras en la base, irregularmente pinnatífidas y dentadas y con márgenes y las nervaduras medias y secundarias del envés espinoso de 18-25 cm por 3-10 cm. Flores: solitarias, cortamente pedunculares o subsésiles, de 3-7 cm de diámetro, con 4-6 pétalos de color amarillo claro o blanquecino (Figura 47.B). Cápsulas: espinosas, cilíndricas de 4 cm de largo, dehiscentes por valvas apicales; semillas ovoide esféricas de 2-2,5 mm de largo, pardo negruzcas, con depresiones angulosas y cresta irregular lateral (Bianco *et al.*, 2000).

Ecología: Una pequeña población de plántulas de ésta especie se localizó creciendo en los alrededores de la Laguna de Yambo, cuyo suelo es poco fértil, y con una variedad de depósitos fluvio-lacustres bien expuestos.

Uso: Los pétalos de las flores son usados para tratar la hinchazón. [MEDICINAL, antiinflamatorio (flores)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 47. Hierba de *Argemone subfusiformis*. A. Hojas glaucas. B. Flores solitarias.

- *Prunus debilis* Koehne (**Fam. Rosaceae**)

Nombre común: “sindi” (Kichwa).

Descripción morfológica: Árbol de 6-15 metros de altura, su corteza posee un olor a almendra. Hojas simples de 15-24 x 5-8 cm, alternas, glabras, con dos glándulas en la base (Figura 48.A); flores de 5 mm de longitud, inflorescencia axilar color blanco de 5-7 cm de longitud; fruto drupáceo de 1-1,5 cm de diámetro y de color verde (Figura 48.B) (Vacas *et al.*, 2016).

Ecología: Se encuentra creciendo en remanentes de bosques secundarios rodeados por el río Wuapuno, importante cuenca hidrográfica para las comunidades Kichwas asentadas en sus alrededores.

Usos Kichwa: La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas. Las hojas frescas de esta planta se esparcen por todo el gallinero para matar los piojos de las gallinas. [VENENO, insecticida (hojas)]. [VETERINARIO, antiparasitario (hojas)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 48. Árbol de *Prunus debilis*. A. Hojas simples alternas, glabras, con dos glándulas en la base. B. Fruto drupáceo.

- *Paullinia alata* G. Don (**Fam. Sapindaceae**)

Nombre común: “taruga huasca” (Kichwa).

Descripción morfológica: Vena áspera, glabra; 5 foliolos, pinnadas, glabras, lanceoladas (Figura 49.A), dentadas, brevemente pecioladas, membranosas; el raquis del peciolo con alas lanceoladas-ovaladas; flores moderadamente pilosas; cápsula, globosa, semillas hasta en el arillo (Macbride, 1956; Cerón *et al.*, 2007).

Ecología: Esta especie es común observarla colgada sobre árboles que crecen en el borde de la carretera que conecta a la comunidad de Shiwuakucha.

Uso Kichwa: La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas y tallo. Antimicótico. La decocción del tallo de esta liana macerado se coloca sobre la zona afectada. [MEDICINAL, antimicótico (tallo)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 49. Vena de *Paullinia alata*. A. Foliolos (5), pinnadas, lanceoladas.

- *Paullinia clavigera* Schltdl. (**Fam. Sapindaceae**)

Nombre común: “pacai huasca”, “barbasco” (Kichwa).

Descripción morfológica: Vena larga, casi glabra (Figura 50.A), 5 hojas, elíptico-lanceoladas, 6 a 14 cm largo, agudo o acuminado, entera o de forma remota serrada-dentada (Figura 50.B); inflorescencia solitaria; frutos piriformes, rojos, 3 a 4 cm largo, estipitado (Standley, 1923; Cerón *et al.*, 2007).

Ecología: Esta especie fue recolectada en el Bosque y Vegetación Protector El Oglán, en Bosque de Colinas entre altitudes de 600 a 1.000 m, los árboles emergentes sobrepasan los 40 m de altura y el estrato herbáceo y epífito está bien representado por los musgos, líquenes, helechos, orquídeas, bromelias, plantas de las familias Gesneriaceae, Araceae, Melastomataceae, Piperaceae, Rubiaceae, y la importante presencia de venas y lianas (Cerón *et al.*, 2007).

Uso Kichwa: La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas y tallo. Se cortan unos diez pedazos de 15 cm de tallo de ésta liana se machacan y se desaguan en el río para matar a los peces. [VENENO, barbasco, ictiotóxico, pesca (tallo)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 50. Vena de *Paullinia clavigera*. A. Vena larga, casi glabra. B. Cinco hojas, elíptico-lanceoladas.

- *Solanum mammosum* L. (**Fam. Solanaceae**)

Nombre común: “chuchu laranca”, “chuchu huagra” (Kichwa), “teta de vaca” (Español).

Descripción morfológica: Planta herbácea 1.5 m de alto o menos, densamente pilosa con largos pelos articulados, hojas 10 a 15 cm largo, superficialmente cordada en la base, irregularmente lobada, los lóbulos obtusos o acuminados, armado generalmente en ambas superficies con espinas largas (Figura 51.A); inflorescencias umbeliformes, lateral, 1 a 6 flores, corola violácea, cerca de 2 cm de largo (Figura 51.B); frutos de 3 a 4.5 cm de diámetro, anaranjados (Figura 51.C) (Standley, 1924; Burnie *et al.*, 2006).

Ecología: Se encuentra creciendo en los bordes de las chakras y alrededores de las casas de los Kichwas. Su reproducción es a través de plántulas, sus hojas no presentan herbivoría y sus frutos no son consumidos por ningún vertebrado.

Usos Kichwa: La estructura vegetal con potencial acción biocida son los frutos. La parte interior del fruto se frota sobre las partes infectadas por hongos, parásitos e insectos en animales. Los frutos picados se esparcen sobre los gallineros con el fin de matar las garrapatas, piojos, cucarachas. [VETERINARIO, antiparasitario, antimicótico, dermatológico (fruto)]. [VENENO, insecticida (fruto)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 51. Planta herbácea de *Solanum mammosum*. A. Hojas superficialmente cordadas en la base, irregularmente lobada, en ambas superficies con espinas largas. B. Inflorescencias umbeliformes, lateral, corola violácea. C. Fruto de color anaranjado en estado maduro.

- *Turpinia occidentalis* (Sw.) G. Don (**Fam. Staphyleaceae**)

Nombre común: “cupa” (Kichwa).

Descripción morfológica: Árbol de subdosel o dosel (15-20 m) con hojas opuestas, compuestas e imparipinnadas (Figura 52.A), con 3-4 pares de folíolos (4-14 x 2-6 cm). Inflorescencia en panícula, terminal; flor pentámera. Fruto: baya subglobosa, con 2-3 semillas. . Algunas características distintivas son sus ramas con lenticelas blanquecinas y cicatrices transversales dejadas por la caída de las estípulas y, folíolos glabros de margen aserrado (Pérez *et al.*, 2014).

Especies similares: *Jacaranda copaia* y *J. glabra* tienen hojas bipinnadas y ramas sin cicatrices. *Huerteia glandulosa* y *Zanthoxylum* presentan hojas alternas y folíolos con abundantes puntos traslúcidos. Las *Crepidosperrum* tienen hojas alternas (Pérez *et al.*, 2014).

Ecología: Se encuentra creciendo en remanentes de bosques secundarios rodeados por el río Wuapuno, importante cuenca hidrográfica para las comunidades Kichwas asentadas en sus alrededores. Las flores, fragantes, son visitadas por abejas, moscas y mariposas. Los frutos son dispersados por aves, monos, guatusas y venados. La madera, suave, es usada ocasionalmente en la construcción de viviendas (Pérez *et al.*, 2014). De las hojas de este árbol se alimentan los chorongos (primates), de los frutos se alimentan las pavas, guacamayos verdes y tucanes.

Usos Kichwa: La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas. El tronco se usa en la construcción de viviendas de las comunidades Kichwas y también se usa para leña. [ZOO USO, animales (hojas y fruto)]. [CONSTRUCCIÓN (tronco)]. [DOMÉSTICO, combustible (tronco)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 52. Árbol de *Turpinia occidentalis*. A. Hojas opuestas, compuestas e imparipinnadas.

- *Leonia crassa* L.B. Sm. & A. Fernández (**Fam. Violaceae**)

Nombre común: “tamia yura” (Kichwa), “árbol de la lluvia” (Español).

Descripción morfológica: Árbol de sotobosque o subdosel (8-15 m) con hojas simples (20-45 x 8-17 cm), alternas, oblanceoladas y glabras. Inflorescencia en racimo; flor actinomorfa. Fruto: baya. Característica distintivas: se trata de una especie cauliflora (Figura 53.A). Base de los pecíolos con pequeñas cicatrices dejadas por la caída de las estípulas. Hojas coriáceas. Fruto con pericarpo leñoso (Figura 53.B) (Pérez *et al.*, 2014).

Especies similares: Otras *Leonia* son de menor tamaño y presentan inflorescencias ramulares, aunque ocasionalmente *L. glycyarpa* var. *racemosa* y *L. occidentalis* tienen inflorescencias caulinares. *Lacistema aggregatum* presenta inflorescencias en espigas con flores protegidas por brácteas y frutos tipo cápsula (Pérez *et al.*, 2014).

Ecología: Esta especie fue recolectada en el Bosque y Vegetación Protector El Oglán, en Bosque de Colinas entre altitudes de 600 a 1.000 m, los árboles emergentes sobrepasan los 40 m de altura y el estrato herbáceo y epífita está bien representado por los musgos, líquenes, helechos, orquídeas, bromelias, plantas de las familias Gesneriaceae, Araceae, Melastomataceae, Piperaceae, Rubiaceae, y la importante presencia de venas y lianas (Cerón *et al.*, 2007).

Usos Kichwa: La estructura vegetal con potencial acción biocida son las hojas. Las hojas y las ramas quemadas sirven como insecticida (Pérez *et al.*, 2014). El tronco se usa como larguero en la construcción de viviendas de las comunidades Kichwas y también se aprovecha como leña. [ZOO USO, animales (corteza y fruto)]. [CONSTRUCCIÓN (tronco)]. [DOMÉSTICO, combustible (tronco)] (Rios *et al.*, 2007).



Figura 53. Árbol de *Leonia crassa*. A. Característica distintiva, especie cauliflora. B. Fruto con pericarpo leñoso.

2.2.3. Recolección de las plantas

Para la recolección de las especies vegetales que se encuentran distribuidas en la región Amazónica, provincia de Pastaza, contamos con la ayuda de un Técnico de la Estación Científica Amazónica Juri Juri Kawsay de la Universidad Central del Ecuador. Esta persona nos puso en contacto con un nativo conocedor de la selva y sus plantas, perteneciente a la Comunidad Kichwa Etno-Ecológica Pablo López del Oglán Alto. Las plantas de la región Sierra fueron recolectadas en las provincias de Pichincha y Cotopaxi.

Adicionalmente se cultivaron tres especies de plantas distribuidas en la Amazonía: *Lonchocarpus utilis*, *Clibadium surinamense* y *Solanum mammosum*, en la chakra de una familia Kichwa, siguiendo las indicaciones de un integrante de la Comunidad, es decir su cultivo estuvo basado en su forma tradicional de sembrar dichas plantas. La forma de cultivo se encuentra descrita en el apartado que corresponde a descripción ecológica de cada una de estas especies.

La recolección del material vegetal de las 14 especies seleccionadas se realizó durante los meses de marzo y abril del año 2015 y consistió en cortar hojas y frutos al azar de la especie seleccionada, priorizando que este material se encuentre libre de enfermedades y de daños ocasionado por insectos. Se recolectó una funda de 100 x 140 cm llena de hojas y una funda de 43 x 45 cm de frutos, todo este material colectado fue transportado hasta los laboratorios de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Ecuador.

Adicionalmente de cada especie vegetal recolectada, se preparó una muestra botánica, y se llevó al Herbario Nacional del Ecuador QCNE, para verificar su identificación taxonómica.

2.3. Selección, descripción, recolección y mantenimiento de insectos

2.3.1. Selección de los insectos plaga

La selección de las zonas agrícolas donde se recogieron los insectos plaga para los bioensayos en laboratorio se realizó con los Técnicos e Investigadores del Departamento Nacional de Protección Vegetal de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Ecuador.

Para la ubicación geográfica de la finca con cultivos de naranjilla de jugo donde se ha comprobado la existencia de la polilla *Neoleucinodes elegantalis*, se trabajó con los Investigadores y Técnicos del Programa Nacional de Fruticultura en la Granja Experimental Tumbaco del INIAP.

Con los Investigadores y Técnicos del Programa de Leguminosas y Granos Andinos de la Estación experimental Santa Catalina del INIAP se ubicó la Finca Agrícola Santa Isabel en el sector de Poaló, donde se cultiva de forma extensiva brócoli *Brassica oleracea* L. con el propósito de recolectar pupas de *Delia platura*.

- Importancia como plaga *Neoleucinodes elegantalis*.

En Ecuador el ataque del gusano barrenador del fruto, *Neoleucinodes elegantalis*, es reportado en todas las zonas productoras de naranjilla *Solanum quitoense* Lam., como la principal restricción fitosanitaria (Asaquibay *et al.*, 2009). Es de gran importancia porque causa pérdidas de hasta el 80 % de la producción (Gallegos *et al.*, 2006). Además de ser plaga de la naranjilla también lo es del tomate de árbol *Solanum betaceum* Cav., tomate de mesa *Solanum lycopersicum* Lam., berenjena *Solanum melongena* L., y pimiento *Capsicum annuum* L. (Revelo *et al.*, 2010).

- Importancia como plaga *Delia platura*

Es una plaga de naturaleza polífaga que ataca los cultivos en estado de germinación. Podría considerarse que el primer estado larval es el más dañino ya que penetra en las semillas en germinación o en las plántulas, realizando galerías en los cotiledones, en tallos y/o en las raíces jóvenes destruyéndolas (Samaniego *et al.*,

2015). Afecta principalmente a algunas especies de las familias Brassicaceae y Fabaceae.

En Ecuador, *Delia platura* es una plaga de importancia económica que afecta principalmente a *Lupinus mutabilis* Sweet y cultivos de brócoli *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.

2.3.2. Descripción de los insectos plaga seleccionados

2.3.2.1. *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854)

Nombre y Sistemática.

Pertenece a la Clase: Insecta, Orden: Lepidoptera, Familia: Crambidae, Subfamilia: Spilomelinae. En Ecuador es conocido como “gusano, gusano perforador del fruto, o barrenador del fruto”.

El primer reporte de *N. elegantalis* lo realizó Gueneé, en 1854 con el nombre de *Leucinodes elegantalis*. En 1948, Capps descubre que existen diferencias importantes entre los individuos del género *Leucinodes* de América y los descubiertos en Europa; con este argumento reclasifica tres géneros descubiertos en el nuevo mundo: *Euleucinodes*, *Proleucinodes* y *Neoleucinodes*. Una de las especies reclasificadas fue *Leucinodes elegantalis* que pasó a ser *Neoleucinodes elegantalis* (Díaz, 2009). Esta polilla cuando se encuentra en periodo de descanso muestra su abdomen levantado (Figura 54); esta posición muy particular le ha otorgado su epíteto específico y el nombre científico de *Neoleucinodes elegantalis*.



Figura 54. Adultos de *Neoleucinodes elegantalis* en posición de descanso.

Ciclo biológico y descripción morfológica.

Este es un insecto holometábolo; su ciclo biológico comprende los estados de: huevo, larva o gusano, pupa y adulto (mariposa) (Figura 55).

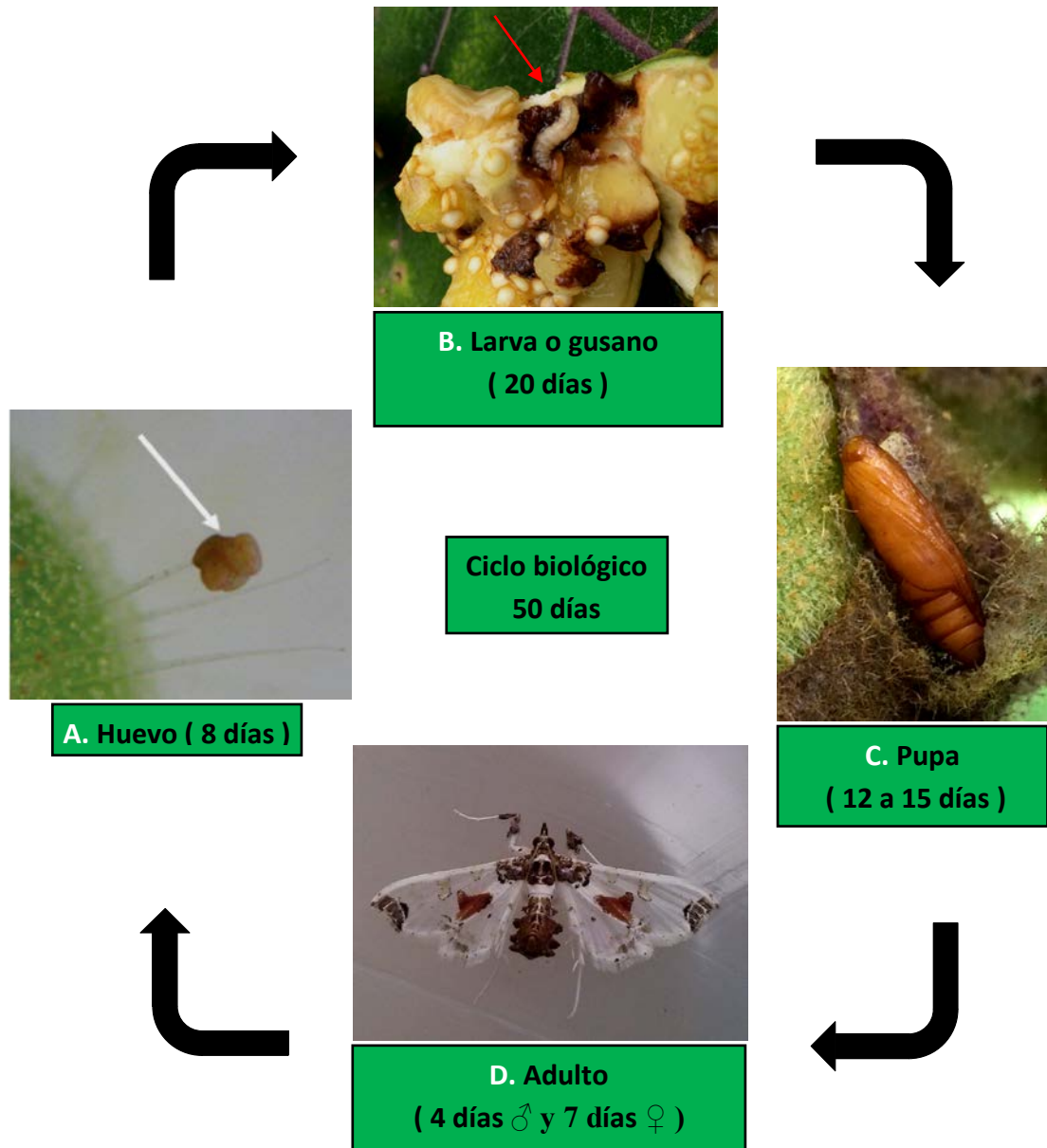


Figura 55. Ciclo biológico de *Neoleucinodes elegantalis* (Asaquibay *et al.*, 2009). A. Huevo B. Larva o gusano. C. Pupa. D. Adulto.

Huevo: La hembra deposita los huevos en el cáliz del primordio floral, en flores cerradas o abiertas y en frutos pequeños (Revelo *et al.*, 2010). En naranjilla, la polilla prefiere poner los huevos en los frutos verdes pequeños, con un diámetro aproximado de 1,90 cm, con 45 a 60 días de formación. Los huevos son puestos en grupos de dos a cuatro, cerca al cáliz o en cualquier superficie del fruto, sobre la base o parte media de los tricomas o pelos (Muñoz *et al.*, 1991; Díaz, 2013). El huevo mide de 0,3 a 0,5 mm de diámetro ecuatorial y de 0,5 a 0,7 de diámetro polar. Recién ovopositados son de color crema y posteriormente se tornan café oscuro (Figura 56). En este estado dura 8 días (Asaquibay *et al.*, 2009).



Figura 56. Huevos de *Neoleucinodes elegantalis* sobre un pétalo de flor de naranjilla.

Larva: Al inicio de su desarrollo mide 1 mm y tiene una coloración amarilla cremosa, al final llega a medir 20 mm y presenta una coloración rosada (Figura 57). Necesita 20 días para completar su desarrollo larvario (Asaquibay *et al.*, 2009). La larva pasa por cinco estadios dentro del fruto de la naranjilla (Díaz, 2013). En el interior del fruto la larva obtiene alimento, protección de sus enemigos naturales y evita quedar expuesto a la acción de los insecticidas, razón por la cual estos son ineficaces si no se aplican oportunamente (Díaz, 2013; Revelo *et al.*, 2010).

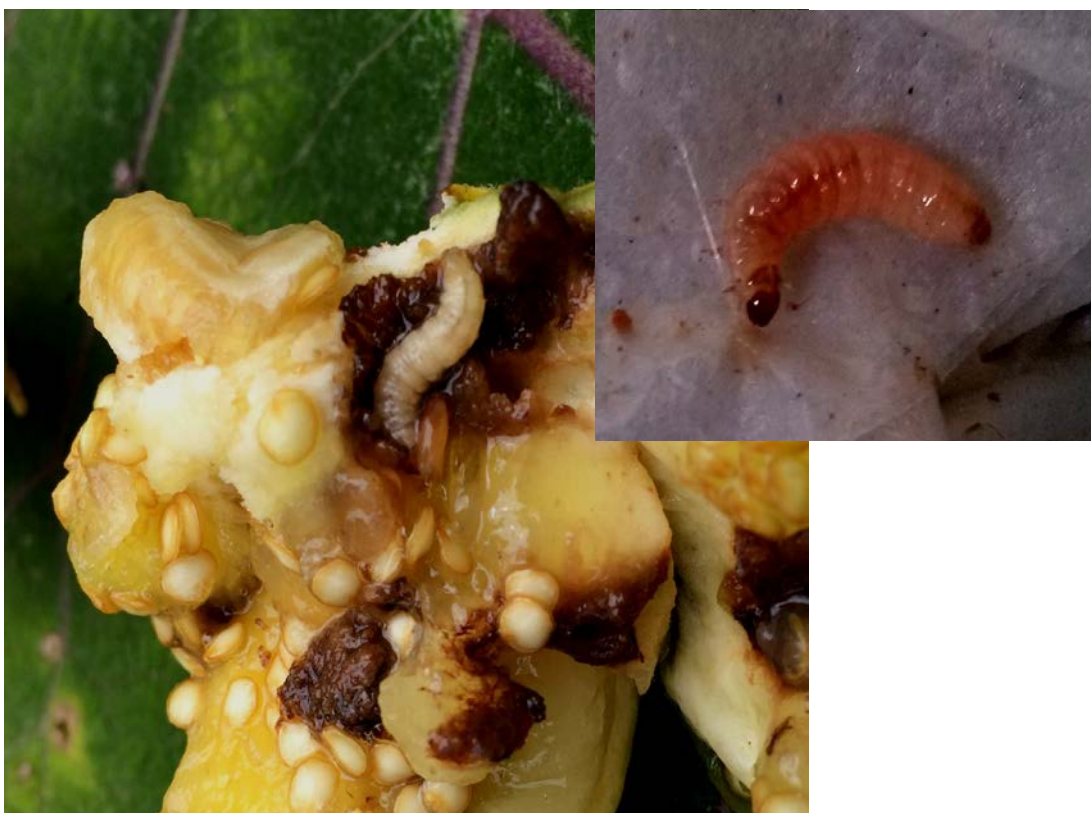


Figura 57. Larvas de *Neoleucinodes elegantalis*.

Pupa: La larva madura sale del fruto para buscar donde pupar y se puede localizar en las hojas y botones florales secos cercanos a los frutos con orificios (Díaz, 2013), y en la parte del cáliz de fruto. La pupa es de color café claro al inicio, pero se oscurece antes de la salida de la mariposa adulta (Figura 58). La pupa mide de 9 a 15 mm. Esta fase dura de 12 a 15 días.



Figura 58. Pupas de *Neoleucinodes elegantalis*.

Adulto: El imago es una mariposa de hábitos nocturnos (polilla) que tiene las alas blancas, algo transparentes (hialinas), con áreas escamosas de color marrón oscuro o negro. Con las alas extendidas esta polilla mide entre 15–33 mm. La hembra sobrevive 7 días y puede ovopositar hasta 93 huevos; el macho vive 4 días (Díaz, 2013).

Los adultos presentan dimorfismo sexual en el abdomen y en los palpos labiales (Muñoz *et al.*, 1991; Noboa, 2015) (Figura 59). El abdomen de las hembras es abultado, jaspeado con manchas café y su parte final truncada. En los machos es delgado, de coloración gris oscuro y la parte final es aguda y cubierta por un penacho a manera de brocha (Muñoz *et al.*, 1991; Salinas, 1993; Noboa, 2015). Los palpos labiales de las hembras son más largos y se entrecruzan, mientras que en los machos son cortos y paralelos (Muñoz *et al.*, 1991; Noboa, 2015).



Figura 59. Adultos de *Neoleucinodes elegantalis*.

Planta hospedadora de *Neoleucinodes elegantalis*

***Solanum quitoense* Lam.**

La especie vegetal *Solanum quitoense* Lam., pertenece a la familia Solanaceae y se conoce en Ecuador con el nombre común de “naranjilla”. En la actualidad esta fruta y sus variedades se cultivan de manera comercial en Ecuador y Colombia, mientras que en Perú, Panamá, Costa Rica y Honduras se lo hace en pequeña escala (Revelo *et al.*, 2010).

En Ecuador se cultivan en la región Amazónica, principalmente en las provincias del Napo, Pastaza y Morona Santiago; en menor escala se cultiva en Sucumbíos, Zamora Chinchipe y Orellana. También se encuentran huertos de este frutal en el cantón Baños de la provincia de Tungurahua y en la zona nor-occidental de las provincias de Pichincha, Imbabura, Carchi y Santo Domingo de las Tsáchilas, en condiciones ambientales y de suelos diversos (Revelo *et al.*, 2010).

El cultivo de naranjilla en Ecuador constituye un ingreso importante para el agricultor y la agroindustria, y es un fruto que se incluye dentro de las preferencias

del consumidor. La producción de naranjilla se ve afectada principalmente por varias plagas y enfermedades, ocasionando pérdidas de hasta el 66% de la producción (Asaquibay *et al.*, 2009).

En Ecuador la superficie plantada de naranjilla es de 9.459 ha, produciendo 15.969 t de las cuales venden 15.473 t. La superficie perdida debido a causa de sequías, heladas, plagas, enfermedades, inundación y otras no especificadas es de 405 ha. Las hectáreas perdidas por causa de plagas es de 159 ha y por enfermedades 57 ha (MAGAP, 2012).

En la Amazonía de Ecuador, en particular en la provincia de Napo, el cultivo de naranjilla presenta algunos problemas durante su producción, el uso indiscriminado y el manejo inadecuado de agroquímicos para plagas y enfermedades, ha contribuido a poner en riesgo el bienestar ambiental contaminando suelo y agua; en la salud de los trabajadores problemas como abortos y suicidios (Torres *et al.*, 2014).

La Variedad INIAP-Quitoense 2009 (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense*) (Figura 60), se caracteriza porque sus plantas alcanzan alturas cercanas a los 2m; los tallos y hojas carecen de espinas, los frutos son redondos, de buen tamaño y pulpa verde con bajos niveles de oxidación. Presenta alta productividad y características de calidad para el consumo en fresco e industrial (Revelo *et al.*, 2010).



Figura 60. Planta de naranjilla común o de jugo mejorada, correspondiente a la Variedad INIAP-Quitoense 2009 (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense*). A. Flores. B. Frutos.

Recolección y mantenimiento.

Para obtener una población heterogénea de individuos adultos de *Neoleucinodes elegantalis*, se recolectaron frutos de naranjilla común o de jugo mejorada, correspondiente a la Variedad INIAP-Quitoense 2009 (*Solanum quitoense* Lam. var. *quitoense*), durante el primer bimestre del año 2016.

En campo no fue posible observar los huevos puestos por la hembra. Cada larva produce un solo orificio de entrada, el cual posteriormente se suberiza y se rodea de un halo clorótico que puede distinguirse fácilmente a simple vista sobre la superficie del fruto, aun con presencia de tricomas (Díaz, 2013) (Figura 61.A).

La larva continúa perforando el pericarpio en su primero, segundo y tercer estadio; suele llegar al mesocarpio (pulpa) en su cuarto estadio donde produce el mayor daño, que consiste en barrenar el fruto, formando galerías en los tabiques y devorando las placentas de las semillas y parte de estas (Muñoz *et al.*, 1991; Díaz, 2013) (Figura 61.B).



Figura 61. Frutos de naranjilla infestados con larvas de *Neoleucinodes elegantalis*. A. Orificios suberizados y alrededor los halos cloróticos. B. Residuos de pulpa y semillas alrededor de las galerías profundas realizadas por el gusano barrenador de la naranjilla.

La larva en su último estadio, y ayudada por sus fuertes mandíbulas hace un orificio de salida en el fruto (Figura 62.A), para buscar lugares donde construir su capullo o envoltura que le brindará protección durante el estadio de pupa. En campo es relativamente fácil observar estos orificios en los frutos de naranjilla ya que también alrededor de estos se puede ver excrementos de la larva (Figura 62.B), que ayuda a la colecta de frutos infestados, los cuales pueden estar entre dos a tres meses de maduración (fruto pintón).



Figura 62. Frutos de naranjilla con larvas y agujeros. A. Larva saliendo por los orificios perforados. B. Excremento expulsado por la larva al perforar el orificio de salida.

Al momento de la colecta en campo de los frutos de naranjilla, se encontraron pupas entre cáliz y el fruto (Figura 63.A), sobre el cáliz del fruto (Figura 63.B), en el pedúnculo del fruto y el tallo.



Figura 63. Pupas de *Neoleucinodes elegantalis* en frutos de naranjilla. A. Pupa entre cáliz y el fruto. B. Pupa sobre el cáliz del fruto.

En laboratorio, las larvas de *Neoleucinodes elegantalis* realizaron sus capullos con papel absorbente (Figura 64.A), en diferentes partes del fruto: sobre el cáliz (Figura 64.B), entre los frutos, y alrededor del fruto.



Figura 64. Desarrollo de pupas en laboratorio. A. Capullo realizado por larva de *Neoleucinodes elegantalis* con papel absorbente. B. Pupa sobre el cáliz del fruto.

En campo únicamente se recogieron frutos de naranjilla de jugo que estaban empezando a tomar su color amarillento característico y también fruto pintón que no habían caído al suelo y que además no presentaban enfermedades de ningún tipo (Figura 65.A). Durante la colecta, fue fácil identificar que el fruto estaba infestado por larvas de *Neoleucinodes elegantalis* ya que se pudo observar a simple vista que alrededor del fruto había excreciones de pulpa de la fruta y cúmulos de finos pelos espinosos (Figura 65.B).



Figura 65. Recolección en campo de naranjilla infestada con larvas de *Neoleucinodes elegantalis*. A. Planta de naranjilla con frutos infestados. B. Excreciones de pulpa de la fruta y cúmulos de finos pelos espinosos alrededor del fruto.

Las naranjillas fueron recogidas cortándolas desde la base del pedúnculo que une al cáliz del fruto. Previo a ser colocadas en sus respectivas cajas fueron limpiadas de éstos finos pelos espinosos muy característico del fruto. Las naranjillas, se acomodaron en una caja plástica de aproximadamente 22 x 12 cm con una tapa con malla. En la base de esta caja se colocó una hoja de papel toalla absorbente y sobre esta los frutos de naranjilla. Se repitió este procedimiento hasta formar dos capas. Las cajas con los frutos fueron transportados al cuarto de cría de la Granja Experimental de Tumbaco, Programa Nacional de Fruticultura del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, Ecuador.

Las cajas se revisaron todos los días, puesto que las larvas salían del fruto y realizaban su capullo con el papel absorbente. Una vez que las larvas habían hecho su capullo se procedía a cortar el pedazo de papel que contenía la pre-pupa. Estas fueron colocadas en otra caja plástica sobre papel absorbente y con un pulverizador manual se procedía a humedecerlas con agua con el fin de evitar la desecación (Figuras 66.A y B).



Figura 66. A. Cajas para mantenimiento de plaga. B. Papel absorbente conteniendo pre-pupas de *Neoleucinodes elegantalis*.

Los datos promedio mensuales de temperatura y porcentaje de humedad relativa durante el tiempo de mantenimiento de las larvas, pre-pupas y pupas hasta la eclosión de los adultos en el cuarto de cría fueron de: enero 21,51°C/71,05%; febrero 23,01°C/57,22%. Estos datos fueron registrados diariamente con un *Data logger* HOBO U23 Pro v2 de Temperatura y Humedad Relativa.

Una vez que las pre-pupas pasaron al estadio de pupa (Figuras 67.A) y emergieron los adultos se colocaron como máximo unos diez individuos por caja con el fin de evitar el deterioro de sus alas al intentar volar. La dieta para los adultos consistió en una solución al 50% de agua con miel, embebido en motas de algodón sobre un pequeño frasco; también se les proporcionó agua de la misma forma (Figuras 67.B).



Figura 67. A. Pupas de *Neoleucinodes elegantalis*. B. Dieta para adultos de plaga.

Durante las diferentes salidas de campo se recogió un costal (1 m x 0,50 cm), aproximadamente unos 45 kg de naranjilla de jugo, de esta fruta se obtuvieron 671 pupas, de las cuales un 93,88% llegó a la fase adulto.

2.3.2.2. *Delia platura* (Meigen, 1826)

Nombre y Sistemática.

Pertenece a la Clase: Insecta, Orden: Diptera, Familia: Anthomyiidae, Subfamilia: Anthomyiinae. En Ecuador es conocido como “mosca de la semilla, gusano de la semilla”.



Figura 68. Adulto de *Delia platura*.

Ciclo biológico y descripción morfológica

Es un insecto holometábolo; su ciclo biológico comprende los estados de: huevo, larva o gusano, pupa y adulto (mosca) (Figura 69).

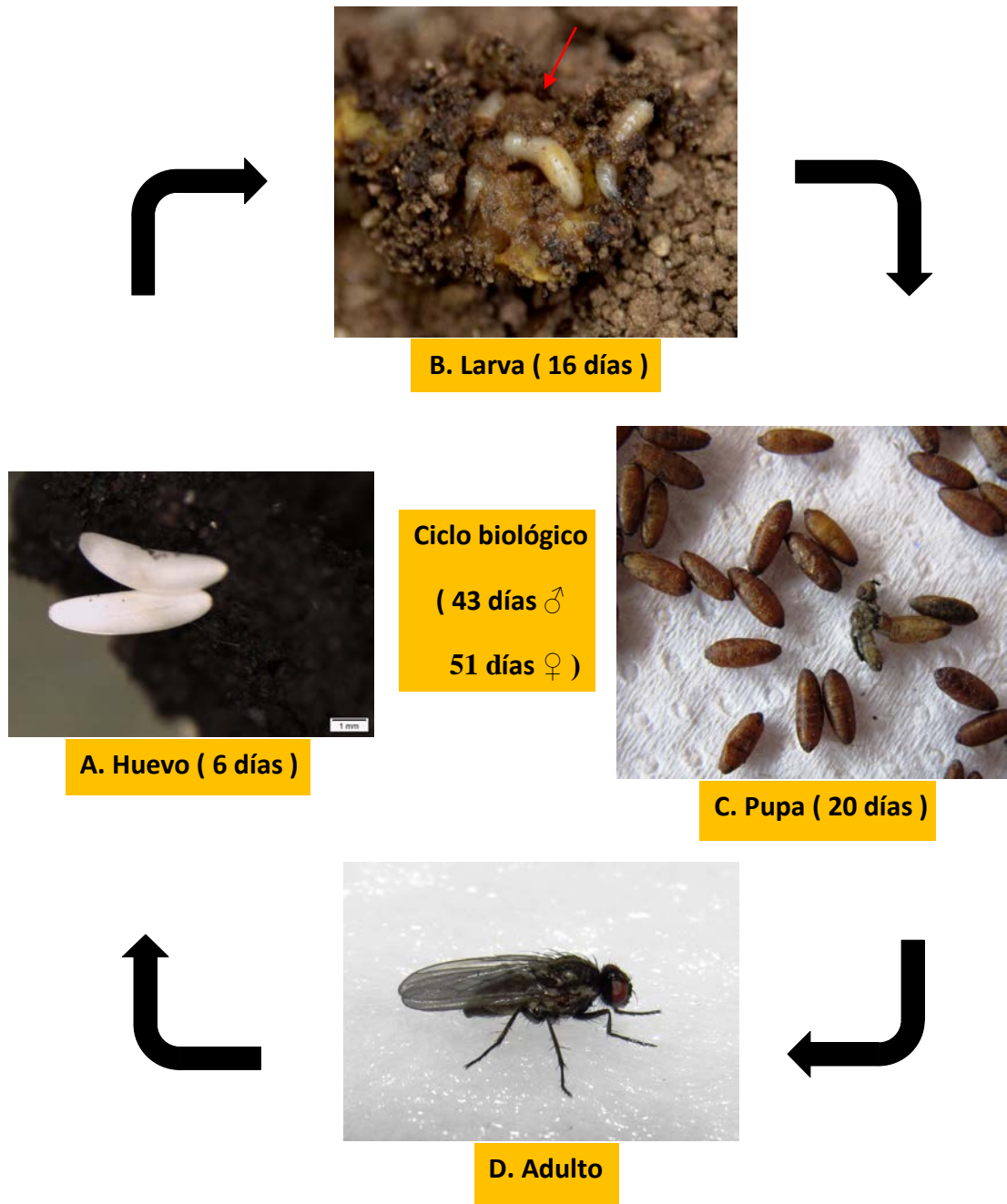


Figura 69. Ciclo biológico de *Delia platyura* (Lomas *et al.*, 2012). A. Huevo. B. Larva. C. Pupa. D. Adulto.

Huevo: La hembra deposita sus huevos cerca de las semillas que se encuentran germinando (Figura 70), restos de materia orgánica y plántulas. La hembra cae al suelo e inserta su ovopositor en hendiduras realizadas por la germinación de las semillas o a pocos milímetros del suelo, colocando los huevos de forma individual o en grupos de hasta 6 por sitio. Los huevos son elongados, de color blanco, en forma de granos de arroz y con diseño reticulado. Este estado tiene una duración promedio de 6 días, mínimo de 3 y máximo de 12 días. Mide 1,03 mm de diámetro polar y 0,29 mm de diámetro ecuatorial (Lomas *et al.*, 2012).



Figura 70. Hembra de *Delia platura* ovopositando en una semilla germinada de *Lupinus mutabilis*.

Larva: La larva es apoda, vermiforme, de color blanco cremoso, de 0,4 a 0,5 mm de largo y con la cabeza puntiaguda con dos ganchos negros en la boca (Figura 71). La alimentación inicia tan pronto encuentra alimento; completa su desarrollo larval dentro del suelo alimentándose de materia en descomposición, semilla en germinación, radícula, hipocótilo, cotiledones y raíces de plántulas de hasta 3 semanas de edad. El daño aumenta a medida que las mandíbulas crecen; estas son muy poderosas y de color negro. La duración promedio en este estado es de 16 días con un rango de 12 a 21 días (Lomas *et al.*, 2012).



Figura 71. Larvas de *Delia platura*.

Pupa: El desarrollo de la pupa ocurre entre 4 y 6 cm de profundidad cerca del huésped del cual se alimenta. Es de tipo coarctata, siendo la parte anterior un poco más ancha; llega a medir hasta 5,00 mm. Su coloración es crema en los primeros días, tornándose de color canela a marrón en la última fase de su desarrollo (Figura 72). La duración promedio de la pupa es de 20 días (Lomas *et al.*, 2012).



Figura 72. Pupas de *Delia platura*.

Adulto: Cuando el adulto está formado empieza el proceso de emergencia, rompiendo mediante el ptilinum la exuvia de la pupa por el extremo anterior (Figura 73.A). Al salir, sus alas están plegadas y su cuerpo es blando. Al cabo de minutos despliega sus alas, extiende su cuerpo y toma su color definitivo (Figura 73.B). Los adultos miden aproximadamente de 4,7 mm a 6,5 mm de largo. El ciclo biológico del macho es de 43 días y de la hembra 51 días, por lo menos 4 generaciones por año (Lomas *et al.*, 2012).



Figura 73. A. Adulto de *Delia platura* mostrando el ptinum. B. *Delia platura* con sus alas desplegadas.

Plantas hospedadoras de ***Delia platura***

Lupinus mutabilis Sweet

La especie *Lupinus mutabilis* Sweet, perteneciente a la familia Fabaceae, es una leguminosa conocida en Ecuador con el nombre común de “chocho”, “lupino” (Figura 74.A); “altramuz” en España y “tarwi” o “tawri” en Quechua.

Su centro de origen es la zona Andina de Sudamérica. En Ecuador las zonas de cultivo están ubicadas en la región Sierra y forma parte importante de sus sistemas de producción; es considerado estratégico para la soberanía alimentaria principalmente de los Pueblos Andinos (Peralta *et al.*, 2014).

La importancia de esta leguminosa cultivada en las tierras altas del Ecuador, radica en el contenido y valor nutricional de su grano, que contiene entre 41-52% de proteína en materia seca; este grano es muy rico en nutrientes y puede reemplazar la carne y la leche en regiones donde estos alimentos no están fácilmente disponibles (Figura 74.B). Además, el sistema radicular de la planta tiene la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, mejorando así la fertilidad del suelo. La producción, elaboración y comercialización de esta leguminosa, constituyen ahora una fuente de empleo e ingresos para los agricultores pobres en las zonas marginales (Caicedo *et al.*, 2001).

El lupino es cultivado en suelo franco arenoso o arenoso con buen drenaje y pH: 5,5 a 7,0; la siembra se hace de forma manual, colocando 3 semillas por agujero. Se cultiva en asociación, en monocultivo y en rotación con maíz, haba, quinua, arveja, melloco y papa (Figura 74.C). Se cultiva en alturas que van desde los 2.800 a 3.500 m. Las variedades INIAP 450 Andino y INIAP 451 Guaranguito se cultivan en un ciclo de 180 a 240 días (Peralta *et al.*, 2014).

En Ecuador, el lupino se siembra en 5.974 ha y se cosechan 3.921 ha, con una pérdida de 2.053 ha (34%) debido a sequías, heladas y plagas; concretamente, las hectáreas perdidas por causa de plagas es de 585 ha (MAGAP, 2012).

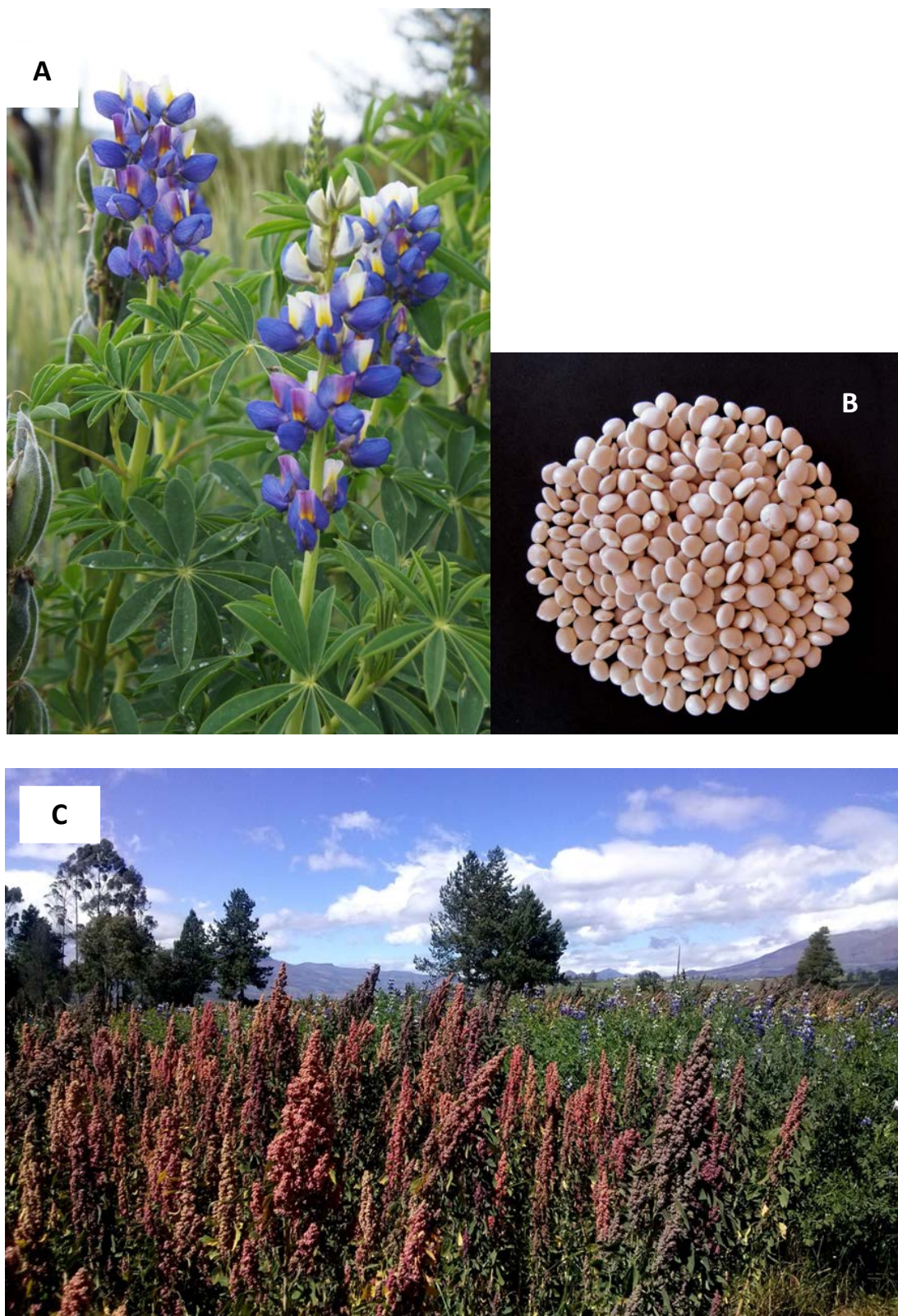


Figura 74. A. Planta con flores de *Lupinus mutabilis*. B. Grano seco. C. Cultivo asociado de *L. mutabilis* con quinua *Chenopodium quinoa*.

Rivera y Gallegos (2001) en las evaluaciones realizadas sobre presencia de los principales insectos plaga en el cultivo de lupino, dieron a conocer algunas plagas en las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Chimborazo, durante estas evaluaciones no se reportó la existencia de la mosca de la semilla *Delia platura*.

Se reportó para Ecuador *Delia platura* como plaga de lupino en el año 2009, en la comunidad San Bartolomé, Pastocalle, Cotopaxi. Este problema ha sido identificado principalmente en la provincia de Cotopaxi, y está relacionado con el cultivo extensivo e intensivo del brócoli *Brassica oleracea* var. *italica* (Lomas *et al.*, 2012).

***Brassica oleracea* var. *italica* Plenck**

La especie *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck pertenece a la familia Brassicaceae. Es una hortaliza originaria del Mediterráneo y Asia Menor, conocida como “brócoli”. Se le atribuye altas propiedades nutricionales y anticancerígenas, por lo que su consumo se ha incrementado en los últimos años a nivel mundial (MAGAP, 2014). En Ecuador el brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) es un producto agrícola de exportación muy importante desde el punto de vista económico para el país (Figura 75). El 80% de la producción total del brócoli, se destina a la exportación y el 20% restante tiene como destino el mercado nacional (Pazmiño *et al.*, 2015).



Figura 75. Cultivos de brócoli *Brassica oleracea* var. *italica* para exportación.

En Ecuador 3.422 ha son cultivadas con brócoli; de las cuales 3.330 ha son cosechadas, obteniendo una producción de 48.682 t (MAGAP, 2012). La producción nacional del año 2014 aumentó de forma considerable en 59,59% respecto al año 2013; dicho comportamiento es similar a la evolución de la producción internacional. Este incremento en la producción nacional influyó en el aumento de las exportaciones de brócoli principalmente a Europa y Japón (MAGAP, 2014).

Recolección y mantenimiento

La mosca *Delia platura* prefiere y se desarrolla mejor en el residuo de brócoli que en las plántulas de *Lupinus mutabilis* (Guerra *et al.*, 2016). Durante el tiempo de recolección de pupas de *Delia platura* en los cultivos de brócoli, se observó con facilidad larvas alimentándose de los restos de tallos en proceso de descomposición, lo que también hace suponer que estas larvas pueden sobrevivir como saprófitos del suelo (Figuras 76.A y B). En campo después de haber realizado la cosecha de brócoli, cortan todos los restos vegetales sobrantes (hojas, tallos), incorporándolos al suelo, y lo dejan por una semana. Después de este tiempo empiezan nuevamente las labores de labranza, preparando los surcos donde a los doce días nuevamente serán sembradas las plántulas de brócoli.



Figura 76. A. Restos de brócoli. B. Tallo de brócoli con larvas de *Delia platura*.

Una práctica muy común de los agricultores locales de la provincia de Cotopaxi es transportar de un cultivo a otro el rastrojo de brócoli para utilizarlo como abono de suelos donde se plantarán *Lupinus mutabilis*, y para la alimentación del ganado.

Esta práctica ha llevado a que esta plaga se siga dispersando y afectando de forma considerable los cultivos de lupino en la Sierra ecuatoriana, causando pérdidas de hasta el 56% de las plántulas al inicio de su crecimiento (Lomas *et al.*, 2012).

Con el propósito de obtener una población heterogénea de individuos adultos de la mosca de la semilla *Delia platura*, se recolectaron pupas de esta especie en un cultivo reciente de brócoli *Brassica oleracea* var. *italica* (Figura 77), durante los meses de marzo a mayo del año 2016.



Figura 77. Cultivo reciente de brócoli *Brassica oleracea* var. *italica*.

Para encontrar las pupas de *Delia platura* se removió la parte superficial del suelo, muy cerca de las plántulas de brócoli sembradas, con una pequeña pala de jardinería. Una vez localizadas las pupas se colocaban en un cernidor y se agitaba despacio hasta desaparecer la tierra adherida a las pupas (Figura 78.A). Las pupas recogidas en campo fueron colocadas en un recipiente plástico con tierra estéril y transportada al cuarto de cría de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP.

Para mantener estas pupas hasta su eclosión se colocaron en envases plásticos de 30 x 20 cm, con papel absorbente (Figura 78.B). Estos envases a su vez, fueron colocados dentro de cajas plásticas de 100 x 50 cm, esta con una delgada malla de color blanco y una apertura lateral con velcro (Figura 79). Las cajas eran cubiertas con tela negra con el fin de evitar que entre la luz, debido a que el desarrollo de las pupas de *Delia platura* se realiza dentro de la tierra. Todos los días los envases eran rociados con agua con ayuda de un atomizador, con el fin de mantener la humedad.



Figura 78. Recolección de pupas de *Delia platura*. A. Cernidor utilizado en la colecta de pupas. B. Pupas de *Delia platura* sobre papel absorbente.

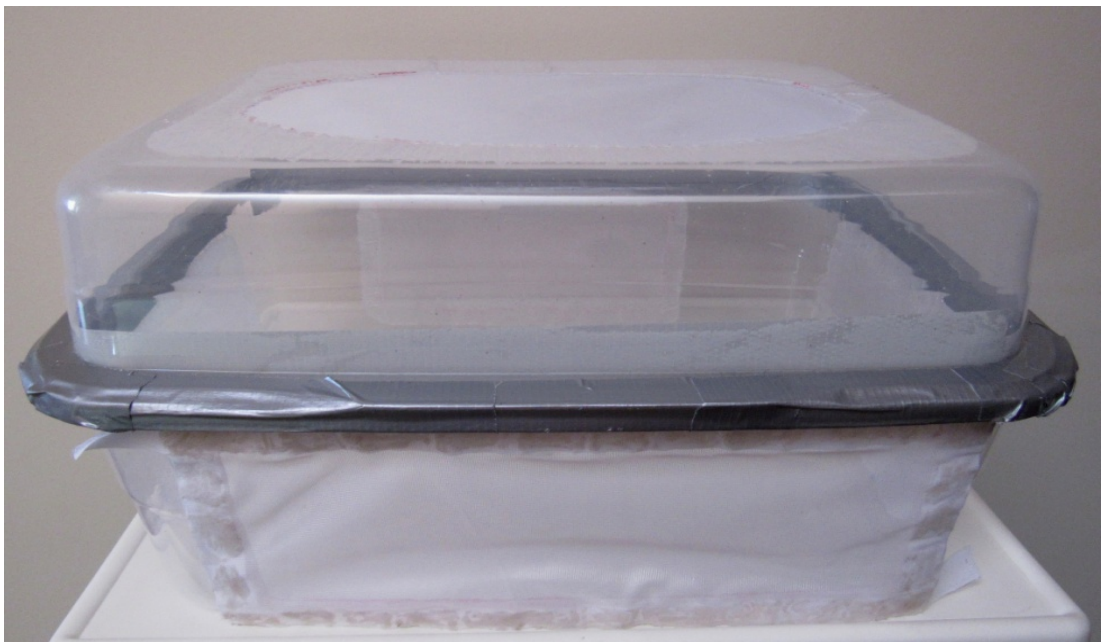


Figura 79. Caja para mantenimiento de *Delia platura*.

Una vez que emergían los adultos (Figura 80), se les proporcionaba una dieta de solución al 50% de agua con miel, embebido en trozos de algodón colocados en cajas petri de 5,5 cm de diámetro, adicionalmente se les proporcionó agua de la misma forma.



Figura 80. Individuos adultos de *Delia platura* dentro de la caja de mantenimiento.

Los datos promedio mensuales de temperatura y porcentaje de humedad relativa durante el tiempo de mantenimiento de las pupas hasta su eclosión en el cuarto de cría fueron de: marzo 19,60°C/61,74%; abril 19,12°C/62,71%; mayo 18,64°C/59,60%. Estos datos fueron registrados diariamente con un *Data logger* HOBO U23 Pro v2 de Temperatura y Humedad Relativa durante los meses de mantenimiento de pupas y obtención de adultos de *Delia platura*.

2.3.2.3. *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797)

Nombre y Sistemática

Pertenece a la Clase: Insecta, Orden: Lepidoptera, Familia: Noctuidae, Subfamilia: Amphipyrinae. En Ecuador es conocido como “gusano cogollero del maíz”.

Importancia como plaga

Las larvas de *Spodoptera frugiperda* causan extensos destrozos en las hojas de maíz, que son muy evidentes cuando estas se despliegan. Después de la eclosión comienzan a alimentarse raspando la epidermis foliar y más tarde pasan al verticilo (cogollo) donde comen de manera voraz. Una infestación tardía del verticilo afecta las espigas y todas las partes de la mazorca. Cuando el tiempo es caliente y seco, las larvas completamente desarrolladas, que han caído al suelo antes de convertirse en pupas, empiezan a alimentarse en la base de la planta, cercenando el tallo tierno. Esta plaga de insecto tiene 6 estados larvales, los estadios larvales L4 (11-15 mm) y L5 (15-20 mm) son las que se alojan en el cogollo del maíz, los estadios larvales de L1 (3 mm); L2 (5-7 mm) y L3 (8-10 mm) son los más móviles (Ortega, 1987; Morales *et al.*, 2010; Valarezo *et al.*, 2010).

Mantenimiento de la plaga

La Estación Experimental Litoral Sur “Dr. Enrique Ampuero”, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP, ubicada en la provincia del Guayas, proveyó larvas neonatas de *Spodoptera frugiperda*, para realizar los bioensayos con estas plagas. En el laboratorio de Entomología de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP, las larvas neonatas fueron mantenidas y cuidadas durante 7 días hasta que llegaron al estadio larval (L3) alcanzando a medir de 8 a 10 mm (Figura 81.A).

Durante ese tiempo las larvas neonatas fueron alojadas en cajas plásticas de aproximadamente 22 x 12 cm con tapa con malla y eran alimentadas con hojas de higuera *Ricinus communis*.

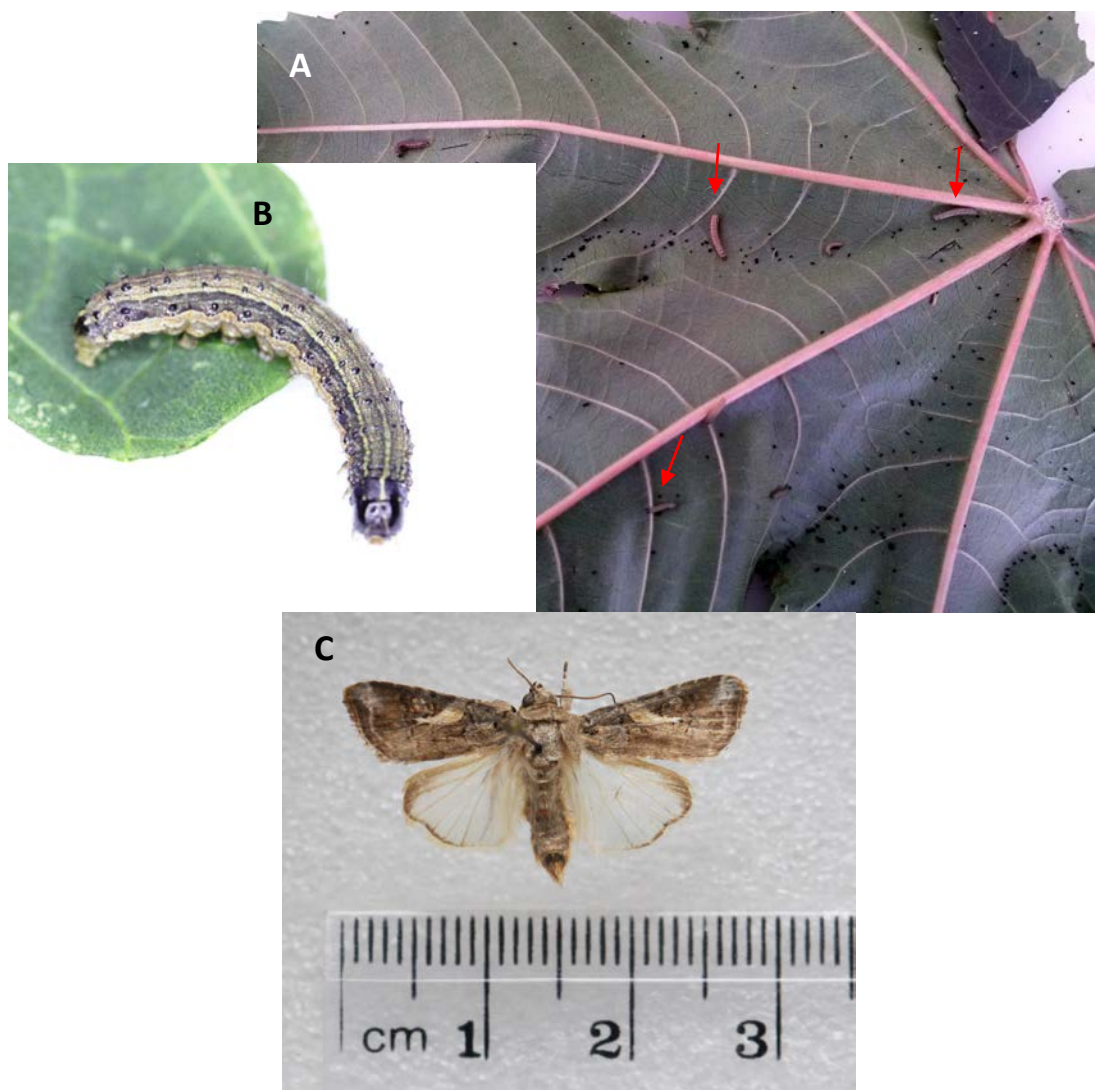


Figura 81. *Spodoptera frugiperda*. A. Larva de tercer estadio (L3). B. Oruga. C. Adulto.

2.3.2.4. *Premnotrypes vorax* (Hustache, 1933)

Nombre y Sistemática

Pertenece a la Clase: Insecta, Orden: Coleoptera, Familia: Curculionidae, Subfamilia: Entiminae. En Ecuador es conocido como “gusano blanco de la papa”.

Importancia como plaga

En Ecuador una de las principales plagas del cultivo de papa es el gusano blanco *Premnotrypes vorax*. Se encuentra en todas las zonas productoras. Causa un daño que puede superar el 60% de los tubérculos. Se presenta durante todo el año, independientemente del tipo de suelo o de las condiciones climáticas como excesos de lluvia o sequía. Los agricultores realizan su control básicamente con el empleo de agroquímicos de alta toxicidad, lo cual tiene implicaciones en la salud humana y en la contaminación ambiental. La alta capacidad de multiplicación del insecto, su longevidad, y la alta persistencia en el campo en base a sus hospederos no cultivados hace necesaria la implementación de un manejo integrado de permita la mayor reducción posible de la población para que no afecte a la calidad de las cosechas (Gallegos *et al.*, 2010).

Recolección y mantenimiento

El gusano blanco *Premnotrypes vorax* es plaga de cultivos de papa en su estado adulto (Figuras 82.A y B) y de larva. Cuando emerge el cultivo de papa, los insectos adultos se alimentan del follaje. El hábito del insecto adulto indica la preferencia por alimentarse de las hojas del tercio medio e inferior de la planta, y, en menor medida de las hojas del tercio superior. De igual manera, dentro de la hoja tiene sus preferencias, consume más los folíolos del extremo apical y en menor proporción de la parte media y de la base. Los insectos adultos ovopositan en la base de las plantas y las larvas eclosionan al momento de formarse los tubérculos, ingresando en su interior. El daño se hace evidente en el momento de la cosecha (Gallegos *et al.*, 2002, 2010).



Figura 82. Insecto adulto de *Premnotrypes vorax*. A. Vista dorsal. B. Vista lateral.

El insecto adulto asciende a la planta de papa para alimentarse durante la noche trasladándose entre plantas. También busca sitios húmedos entre los que se encuentra la base de las malezas del borde del cultivo. Durante el día se esconde en el interior de terrones o en la base de la planta de papa; se alimenta si tiene disponibilidad, realiza la cópula, y en el caso de la hembra, ovoposita. Es un hábil caminador y en una noche puede recorrer en línea recta hasta 12 m en un campo preparado para la siembra (Gallegos *et al.*, 2010).

Los individuos adultos de *Premnotrypes vorax* fueron recolectados en los campos sembrados con papas *Solanum tuberosum* que se encontraban en la Estación Experimental Santa Catalina INIAP. Para la recolección de estos insectos se tuvo en cuenta que las sementeras de papas no hubieran sido sometidas a ningún tipo de tratamiento para control de plagas. La recolección de esta plaga se realizó usando trampas para fauna edáfica. Se usaron 20 trampas colocadas de forma dispersa en una sementera de 50 x 50 metros ubicándose siempre al lado de las plantas de papas. Las trampas consistían en colocar en el suelo hojas de papa y cubrirlas con un pedazo de cartón (Figura 83). Estas trampas fueron colocadas por la mañana y se recogió los adultos de *Premnotrypes vorax* al siguiente día a la misma hora.



Figura 83. Trampa para la recolección del insecto adulto de *Premnotrypes vorax*.

2.4. Obtención de extractos brutos

En los laboratorios de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP, se realizó el secado, molido y obtención de los extractos brutos de todas las plantas seleccionadas.

Para obtener la cantidad necesaria de extracto bruto por cada planta, que luego sería utilizado en los diferentes bioensayos, fue importante contar con suficiente material vegetal, razón por la cual había que regresar al campo varias veces a recolectar el material fresco. En cada ocasión el material vegetal fue recogido de los mismos sitios geográficos.

Una vez obtenido el material vegetal se procedió al secado, que básicamente consistió en utilizar dos métodos los cuales permitieron eliminar la humedad contenida en las diferentes estructuras de las plantas seleccionadas: hojas, semillas y frutos.

El secado de las hojas se realizó a temperatura ambiente, para lo cual se destinó un área física segura, bajo sombra, con buena ventilación, y se evitó la exposición directa a la luz. Las hojas fueron esparcidas sobre mesas planas largas (Figura 84), donde permanecieron durante una semana, estas estaseran revisadas diariamente.



Figura 84. Secado al ambiente de material vegetal recolectado.

Para la deshidratación de los frutos y semillas se usó el proceso de liofilización. Para lo cual los frutos fueron cortados en pequeños trozos, debido a que las semillas fueron de tamaño pequeño no se hizo necesario cortarlas (Figuras 85.A y

B), una vez realizado esto se colocaron en la liofilizadora durante cinco días (Figura 85.C).



Figura 85. A. Frutos cortados en pequeños trozos B. Semillas. C. Liofilizadora.

Cuando todo el material vegetal estuvo completamente seco, este fue sometido a un molinillo de alta potencia hasta obtener un polvo muy fino (Figuras 86.A y B), este fue colocado y guardado en fundas herméticas de aluminio con el fin de evitar la humedad.

Para la obtención del extracto bruto de cada una de las plantas se pesaron 25 g de material vegetal en polvo y se maceró en 200 ml de etanol al 99%; esta mezcla se dejó en un agitador magnético durante 48 horas (macerado en movimiento constante) (Figura 87.A). Pasado este tiempo se realizó el filtrado de la mezcla, para lo cual se utilizó papel de filtro sobre un embudo (Figura 87.B); el extracto líquido (Figura 87.C) obtenido se pasó por un rotavapor hasta eliminar en su totalidad el etanol (Figura 88.A), quedando de forma sólida el extracto bruto de las plantas. Este extracto obtenido tenía una textura pegajosa de apariencia alquitranosa, y adquirió

el color de la estructura vegetal de la que fue extraído (Figura 88.B). Mediante este método se obtuvieron todos los extractos necesarios para los diferentes bioensayos de toxicidad con plagas.



Figura 86. A. Molinillo de alta potencia. B. Polvo seco.

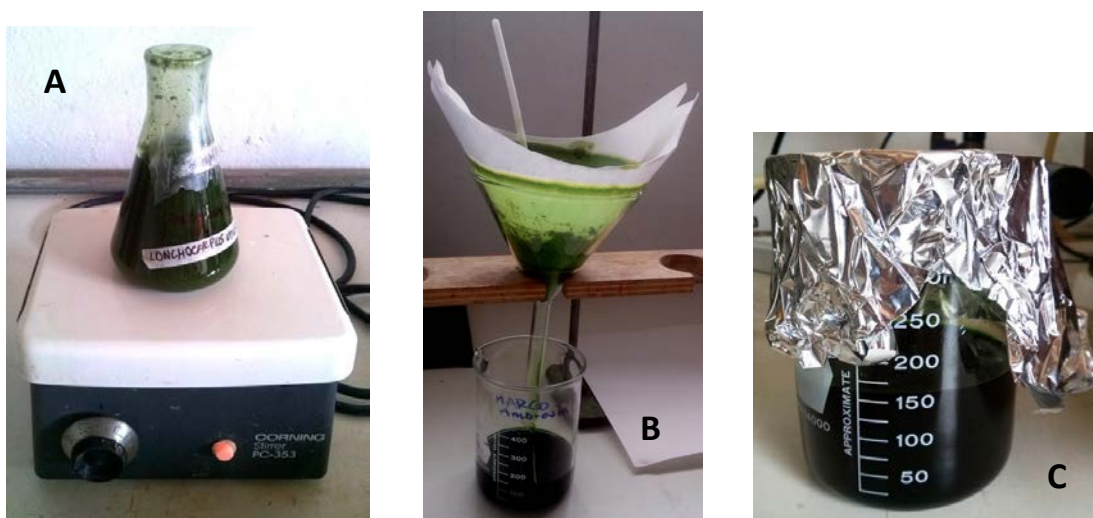


Figura 87. Obtención del extracto líquido. A. Macerado en movimiento constante. B. Filtrado de la mezcla. C. Extracto líquido.



Figura 88. Obtención del extracto seco. A. Rotavapor eliminación de etanol. B. Extracto bruto.

2.5. Bioensayos

Dado que ésta investigación trata de probar la acción tóxica de los diferentes extractos brutos de plantas sobre plagas de insectos, es importante puntualizar algunos aspectos de la toxicidad. Según el concepto actual, un tóxico es una sustancia que puede producir algún efecto nocivo sobre un ser vivo, y como la vida, tanto animal como vegetal, es una continua sucesión de equilibrios dinámicos, los tóxicos son los agentes químicos o físicos, capaces de alterar alguno de estos equilibrios. De acuerdo con esto, cualquier sustancia puede actuar como tóxico, ya que tanto los productos *exógenos* como los propios constituyentes del organismo, cuando se encuentran en él en excesivas proporciones, pueden producir trastornos tóxicos. De aquí se deriva que el concepto de toxicidad posea un carácter relativo. No hay sustancias *atóxicas*; cualquier producto químico actuará como tóxico, a unas determinadas condiciones del sujeto, de la dosis y del ambiente. Este concepto, no es nuevo, sino que fue enunciado por Paracelso (siglo XVI), cuando afirmó que «*todo depende de la dosis*» (Repetto M. y Repetto G., 2009).

Con el fin de probar si los extractos obtenidos de cada una de las especies vegetales poseen alguna actividad biológica, en particular acción biocida sobre insectos plaga de cultivos, se realizaron diferentes bioensayos.

Los bioensayos fueron realizados a diferentes concentraciones para lo cual fue necesario realizar disoluciones del extracto bruto. Estas disoluciones consistieron en tomar una fracción del extracto bruto (solute) y colocarlo en acetona al 50% (solvente).

La acetona es un líquido incoloro, se evapora fácilmente, y es miscible en todas proporciones con agua (su estabilidad química disminuye significativamente en presencia de agua) y en la mayoría de los disolventes orgánicos. Numerosas fuentes naturales de acetona lo convierten en un constituyente normal del medio ambiente. Es fácilmente biodegradable y está entre los disolventes de toxicidad aguda y crónica relativamente baja (Howard, 1991).

Estas disoluciones se realizaron en una cubeta de ultrasonido (Figura 89), y siempre fueron realizadas el mismo día que se hacían los bioensayos.



Figura 89. A. Cubeta de ultrasonido y materiales para la preparación de las disoluciones. B. Frascos con extracto a diferentes concentraciones.

2.5.1. Bioensayos de selección (preliminares)

Se realizaron bioensayos preliminares de selección con las 14 especies vegetales escogidas con el fin de tener una primera percepción de la acción biocida de cada planta sobre algunos insectos plaga que atacan cultivos de importancia económica en Ecuador. Los insectos con los cuales se realizaron los bioensayos preliminares de selección fueron: *Spodoptera frugiperda*, *Premnotrypes vorax*, *Delia platura* y *Neoleucinodes elegantalis*, que han sido descritos en el apartado 2.3.2.

Bioensayos con *Spodoptera frugiperda*

Se realizaron dos bioensayos con larvas de tercer estadio (L3) de *Spodoptera frugiperda*: el primero utilizando un solución de 8 g/l (0,2 g de extracto disuelto en 25 ml de acetona al 50%) y el segundo a 20 g/l (0,5 g de extracto disuelto en 25 ml de acetona al 50%). Para cada bioensayo se usó el extracto bruto obtenido de cada una de las 14 plantas seleccionadas.

En estos bioensayos se usaron cajas petri en las cuales se colocó un círculo de papel filtro del tamaño de su base. Con un sacabocados manual N° 10 se obtuvieron cinco trozos de hojas de higuera *Ricinus communis*, y sobre cada uno de estos se colocaron 20 µl de disolución de cada planta. Estos trozos se colocaron formando un círculo cerca de las paredes de las cajas Petri (Figura 90). Adicionalmente en el centro del papel filtro se colocaron dos líneas de disolución de la misma medida.

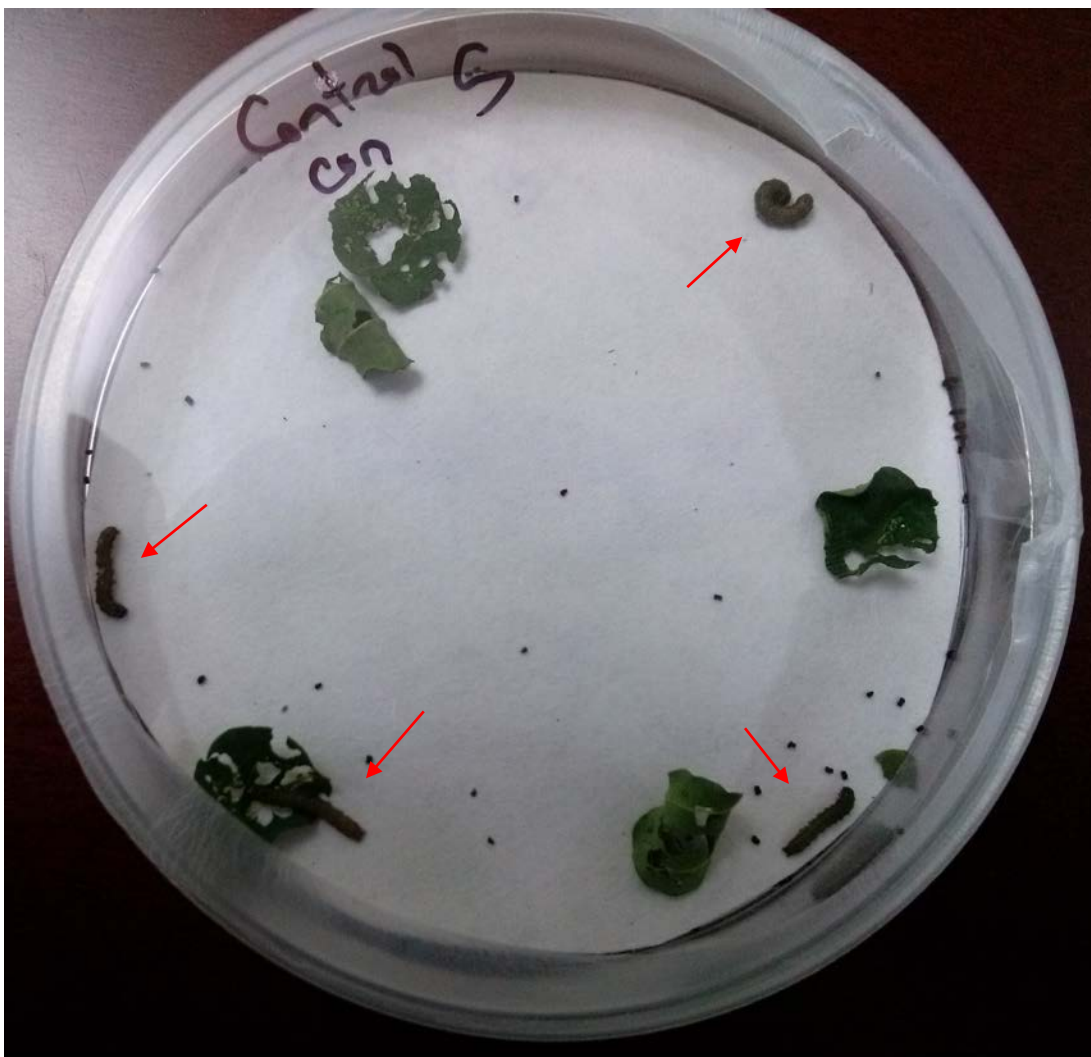


Figura 90. Caja petri con círculos de hojas de higuerilla comidas y larvas de tercer estadio (L3) de *Spodoptera frugiperda*.

Posteriormente, se esperó, aproximadamente, treinta minutos hasta que se hubo evaporado la acetona y se colocaron 4 individuos orugas de *Spodoptera frugiperda* en cada caja petri. Se hicieron tres repeticiones de cada planta, cinco controles con acetona al 50% y cinco controles sin nada. Se realizó el control a la hora, a las 4, 8, 12 y 24 horas.

Bioensayo con *Premnotrypes vorax*

Este bioensayo se lo realizó con individuos adultos de *Premnotrypes vorax*, se usó el extracto bruto de las 14 plantas a una concentración de 20 g/l (0,5 g de extracto disuelto en 25 ml de acetona al 50%). En cajas petri se colocó, del mismo modo que en el caso anterior, un pedazo de papel filtro del tamaño de su base, con

un sacabocados manual N° 10 se hicieron cinco círculos de hojas de papa *Solanum tuberosum*, sobre cada uno de estos se colocaron 20 µl de disolución de cada planta, adicionalmente en el centro del papel filtro se puso dos líneas de disolución de la misma medida (Figura 91).

Se esperó aproximadamente treinta minutos, hasta que se hubo evaporado la acetona, y se colocaron 4 individuos adultos de *Premnotrypes vorax*. Se hicieron tres repeticiones de cada planta y cinco controles con acetona al 50% y cinco controles sin nada. Se realizó el control a la hora, a las 4, 8, 12 y 24 horas.



Figura 91. Caja petri con círculos de hojas de papa comidas y adultos de *Premnotrypes vorax*.

2.5.2. Bioensayos definitivos

Una vez realizados los bioensayos preliminares de selección se decidió llevar a cabo los bioensayos definitivos. Las plantas que mostraron mayor acción biocida fueron: *Lonchocarpus utilis*, *Ambrosia arborescens*, *Clibadium surinamense* y *Solanum mammosum* (fruto). Las especies de insecto plaga utilizadas para estos bioensayos fueron: *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura*.

Todos estos bioensayos fueron estáticos, es decir, sin renovación de la disolución biocida durante todo el tiempo de exposición. Con estos bioensayos se pretendía obtener las dosis letales DL_{50} y DL_{90} .

Las dosis letales DL_{50} y DL_{90} , son las dosis de un tóxico que matará al 50% y 90%, respectivamente, de los organismos de un ensayo dentro de un periodo de tiempo designado. Cuanto menor sea la DL_{50} , más tóxico será el compuesto (FFDCA pesticide) (Lee, 2005).

Para el análisis de la DL_{50} y DL_{90} , el modelo fue establecido de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$P(X = x) = 1 - \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 Dosis)}}$$

Donde:

$P(X=x)$: Es la probabilidad de supervivencia

β_0 : Es la intersección del modelo de regresión

β_1 : Es la pendiente del modelo lineal de regresión del *modelo logit*

Bioensayos con *Neoleucinodes elegantalis*

Para el bioensayo con *N. elegantalis* se usó el extracto bruto de las cuatro especies vegetales *L. utilis*, *A. arborescens*, *C. surinamense* y *S. mammosum* (fruto), a siete concentraciones diferentes (5, 10, 20, 25, 30, 40 y 50 g/l) las cuales fueron disueltas en 10 ml de acetona al 50%: 0,05 g/ml; 0,1 g/ml; 0,2 g/ml; 0,25 g/ml; 0,3 g/ml; 0,4 g/ml; 0,5 g/ml.

Para este bioensayo se usaron frascos de vidrio transparente con tapa hermética de 200 ml. En la base del frasco se colocó un círculo de papel filtro y sobre este se colocó una tapa con una mota de algodón, en la que se colocaron 2.000 μ l de disolución de cada planta (Figura 92.A). Aproximadamente dos horas más tarde, cuando se hubo evaporado la acetona, se colocaron 4 individuos adultos de *Neoleucinodes elegantalis* en cada uno de estos frascos (Figura 92.B) y se colocó la tapa (Figura 92.C).

Se hicieron cuatro repeticiones de cada planta y cinco controles con acetona al 50% y cinco controles sin nada. Se realizaron las revisiones a la hora, a las 4, 8, 12 y 24 horas.



Figura 92. Bioensayo con *Neoleucinodes elegantalis*. A. Frasco de vidrio con papel filtro, tapa con algodón y disolución de extracto. B. Frasco con mariposas adultas. C. Frasco tapado. D. Frasco con mariposas muertas.

Bioensayos con *Delia platura*

Para los bioensayos estandarizados con *Delia platura* se usó el extracto bruto de las cuatro especies vegetales *Lonchocarpus utilis*, *Ambrosia arborescens*, *Clibadium surinamense* y *Solanum mammosum* (fruto), a siete concentraciones diferentes (5, 10, 20, 25, 30, 40 y 50 gr/litro) las cuales fueron disueltas en 10 ml de acetona al 50%: 0,05 gr/ml; 0,1 gr/ml; 0,2 gr/ml; 0,25 gr/ml; 0,3 gr/ml; 0,4 gr/ml; 0,5 gr/ml.

En este bioensayo se usaron frascos de vidrio transparente con tapa rosca de 30 ml. En la base del frasco se colocó un círculo de papel filtro, y se colocaron directamente sobre este 300 µl de disolución de cada planta. Una hora más tarde, después de evaporarse la acetona y evidenciar que no existía humedad en el papel filtro, se colocaron 4 individuos adultos de *Delia platura* en cada uno de estos frascos (Figura 93.A).

Se hicieron cuatro repeticiones de cada planta y cinco controles con acetona al 50% y cinco controles sin nada. Se realizaron las revisiones a la hora, a las 4, 8, 12 y 24 horas.



Figura 93. Bioensayo con *Delia platura*. A. Frascos de vidrio con papel filtro, disolución de extracto y moscas adultas vivas. B. Frasco con individuos de *Delia platura* muertos.

2.6. Fitoquímica

Se calcula que alrededor del 80% de todos los medicamentos del mundo se derivan originalmente de fuentes vegetales, especialmente aquellas que se encuentran en regiones tropicales. Sin embargo, muchas de las plantas dentro de estas regiones, a menudo, remotas del mundo aún no han sido identificadas como especies, y sólo alrededor del 15% de las especies conocidas de angiospermas en estas regiones fueron examinadas para determinar su potencial medicinal. Por lo tanto, hay definitivamente un gran número de medicamentos derivados de plantas y otros compuestos útiles que aún no han sido descubiertos y caracterizados en todo el mundo (Cseke *et al.*, 2006b).

La Fitoquímica a través de un enfoque clásico contribuye a identificar sustancias químicas utilizando diferentes metodologías de fraccionamiento, aislamiento, análisis, purificación, elucidación de la estructura y caracterización de la actividad biológica de diversas sustancias producidas por los vegetales (Alvarez, 2014).

Cualquier organismo viviente contiene en su estructura una gran cantidad de productos químicos en su mayoría orgánicos, es decir, carbonados. Como estos compuestos químicos son el resultado de la actividad metabólica, es frecuente denominarlos también *metabolitos* (Marco, 2006).

Respecto a la terminología relativa a los metabolitos de las plantas, a menudo encontramos en la literatura los términos *metabolito primario* y *metabolito secundario*. Tradicionalmente, el *metabolito primario* se refiere a ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, lípidos, carbohidratos y diversos compuestos energéticos que caen dentro de las vías metabólicas primarias de cada célula. Estos compuestos son esenciales para el crecimiento, desarrollo, reproducción y supervivencia de las plantas.

El *metabolito secundario* es un término que se acuñó originalmente para describir compuestos que no se pensaban, en ese momento, que eran esenciales para la función de la planta. Esta vieja idea, sin embargo, no puede ser defendida en bases estrictamente químicas, porque, aparentemente, todos los productos

naturales producidos por las plantas tienen algún valor de supervivencia para la planta. Por lo tanto, el uso moderno del término *metabolito secundario* se refiere típicamente a aquellos compuestos de bajo peso molecular que a menudo están restringidos a familias y géneros de plantas específicos. Estos compuestos pueden ser importantes para la polinización, atracción y disuasión de los depredadores, o para la defensa contra hongos y bacterias patógenos, o pueden ser esenciales para la supervivencia de las plantas en entornos estresantes (Cseke *et al.*, 2006a).

Los *metabolitos secundarios* son estructuras químicas diversas ampliamente clasificadas en tres grupos: fenólicos, terpenos y esteroides, y alcaloides (Alvarez, 2014). Los terpenos o compuestos terpenoides forman un conjunto enormemente amplio de sustancias naturales encontradas en mayor o menor proporción en todos los organismos vivos (Marco, 2006).

La función de los terpenos en las plantas se considera generalmente tanto ecológica como fisiológica. Muchos de ellos inhiben el crecimiento de plantas competidoras (alelopatía), algunos son conocidos por ser insecticidas, otros funcionan como atrayentes de los insectos polinizadores. Los terpenos tienen una característica unificadora simple por la cual están definidos y por los cuales pueden ser fácilmente clasificados. Esta generalidad, conocida como la regla del isopreno, que considera que los terpenos provienen de un enlace de la cabeza a la cola de las unidades de isopreno (2-metil-1,3-butadieno), al carbono 1 se le llama cabeza y al carbono 4 cola. Los sesquiterpenos están formados por quince átomos de carbono (C15) que corresponden a tres unidades de isopreno. La mayoría de los sesquiterpenos son componentes del aceite esencial de la planta de la que se derivan. Un miembro importante de esta serie es el farnesol, con pirofosfato que sirve como un intermedio clave en la biosíntesis terpenoide (Briellmann *et al.*, 2006).

Las lactonas sesquiterpénicas son compuestos de 15 átomos de carbono con un anillo lactónico y contienen el agrupamiento α -metilén- γ -lactona. El interés en estos compuestos se basa en su reactividad: el encadenamiento α -metilén- γ -lactona y los frecuentes epóxidos son lugares reactivos para los nucleófilos

biológicos, principalmente grupos tiol y amínicos de los lugares activos de diversas enzimas (glucógeno sintetasa, ADN polimerasa, timidilato sintetasa) que serán alquilados irreversiblemente, de ahí la amplia gama de actividades biológicas (Bruneton, 2001).

Las lactonas sesquiterpénicas son un grupo estructuralmente diverso y extremadamente grande de metabolitos con más de 3.500 estructuras descritas en la actualidad. Más del 90% de ellos se han encontrado en las Asteraceae, y también se encuentran en las Acanthaceae, Anacardiaceae, Apiaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Magnoliaceae, Menispermaceae, Rutaceae, Winteraceae y Hepatidae (Blanco *et al.*, 1997; Ruiz-Reyes y Suarez, 2015). En la familia Asteraceae, las lactonas se localizan frecuentemente en pelos secretores situados a nivel de las hojas, tallos y brácteas de la inflorescencia, y a menudo se encuentra en los achenios (Bruneton, 2001).

Los sesquiterpenos de poco o ningún grado de funcionalidad son en general bastante volátiles y se pueden obtener por destilación como componentes de los aceites esenciales, mientras que los de mayor funcionalización no son volátiles y se aíslan por extracción con disolventes y separación cromatográficas (Marco, 2006).

El presente estudio fitoquímico se ejecutó en colaboración con el Departamento de Química, de la Universidad Técnica Particular de Loja, UTPL. En los laboratorios del Departamento se realizó el estudio fitoquímico únicamente de *Ambrosia arborescens*, debido a que mostró tener acción biocida sobre las dos plagas de insectos.

El estudio fitoquímico de *Ambrosia arborescens* (extracción, aislamiento y elucidación) se efectuó mediante diferentes técnicas que a continuación se detallan:

La **cromatografía** es una técnica muy versátil que se usa para obtener los componentes individuales puros de una mezcla y también para determinar la proporción de estos componentes. En la cromatografía, las moléculas se distribuyen entre dos fases distintas, y la separación tiene relación directa con la diferencia de

solubilidad que las diversas moléculas muestran en cada fase. Además como los compuestos difieren en cuanto a movilidad, la cromatografía sirve también para demostrar una correspondencia entre un compuesto y una muestra de referencia de estructura conocida. Las separaciones cromatográficas se consiguen por lo común introduciendo compuestos orgánicos en una fase estacionaria y dejando luego que una fase móvil fluya a través de la mezcla. Cada componente interactúa con (se absorbe en) la fase estacionaria y se disuelve en la fase móvil en diferente medida. Los compuestos unidos con menos fuerza a la fase estacionaria y más solubles en la fase móvil recorren una distancia mayor que los demás componentes. Los diversos métodos cromatográficos difieren con respecto a la fase móvil (líquido o gas), la fase estacionaria (papel, gel, o empaque sólido) y la fuerza que impulsa a la fase móvil (presión, gravedad, o un campo eléctrico) (Fox y Whitesell, 2000).

La **cromatografía en columna** se construye empacando una fase estacionaria (típicamente alúmina o gel de sílice), en forma de suspensión en una bureta (u otra columna de vidrio) con una restricción en su base y una llave de paso en un extremo. Se acostumbra insertar un tapón de algodón en la bureta para que la llave de paso no se atasque con partículas pequeñas de la fase sólida (Figura 94.A). Se aplica una solución concentrada de la mezcla de compuestos que se van a separar a la parte superior de la fase sólida; a continuación se agrega la fase móvil, o eluyente y se permite que fluya hacia el fondo por efecto de la gravedad. Los componentes que se adhieran con más fuerza a la fase sólida descienden por la columna más despacio y requieren un volumen mayor de eluyente para alcanzar el fondo. Así, a medida que la cromatografía avanza, se forma una serie de bandas y la mezcla de compuestos se separa en sus componentes (Figura 94.B). El movimiento del soluto y del disolvente a través de la fase sólida se llama elución (Fox y Whitesell, 2000).

La **cromatografía en capa fina (CCF)** es una variante de la cromatografía en columna, la diferencia radica en que la muestra se aplica en placas de silicagel. En este tipo de cromatografía la mezcla de compuestos que se va separar se aplica en forma de pequeñas gotas de solución cerca del borde de la placa de silicagel (Figura 95.A). Este borde se sumerge en un disolvente que actúa como fase móvil, o

eluyente el cual sube a lo largo de la fase sólida por capilaridad. Este movimiento consigue la misma separación que la que se logra por gravedad en la cromatografía en columna (Fox y Whitesell, 2000). Se adecua una pequeña cámara con solvente para las placas de silicagel (Figura 95.B).

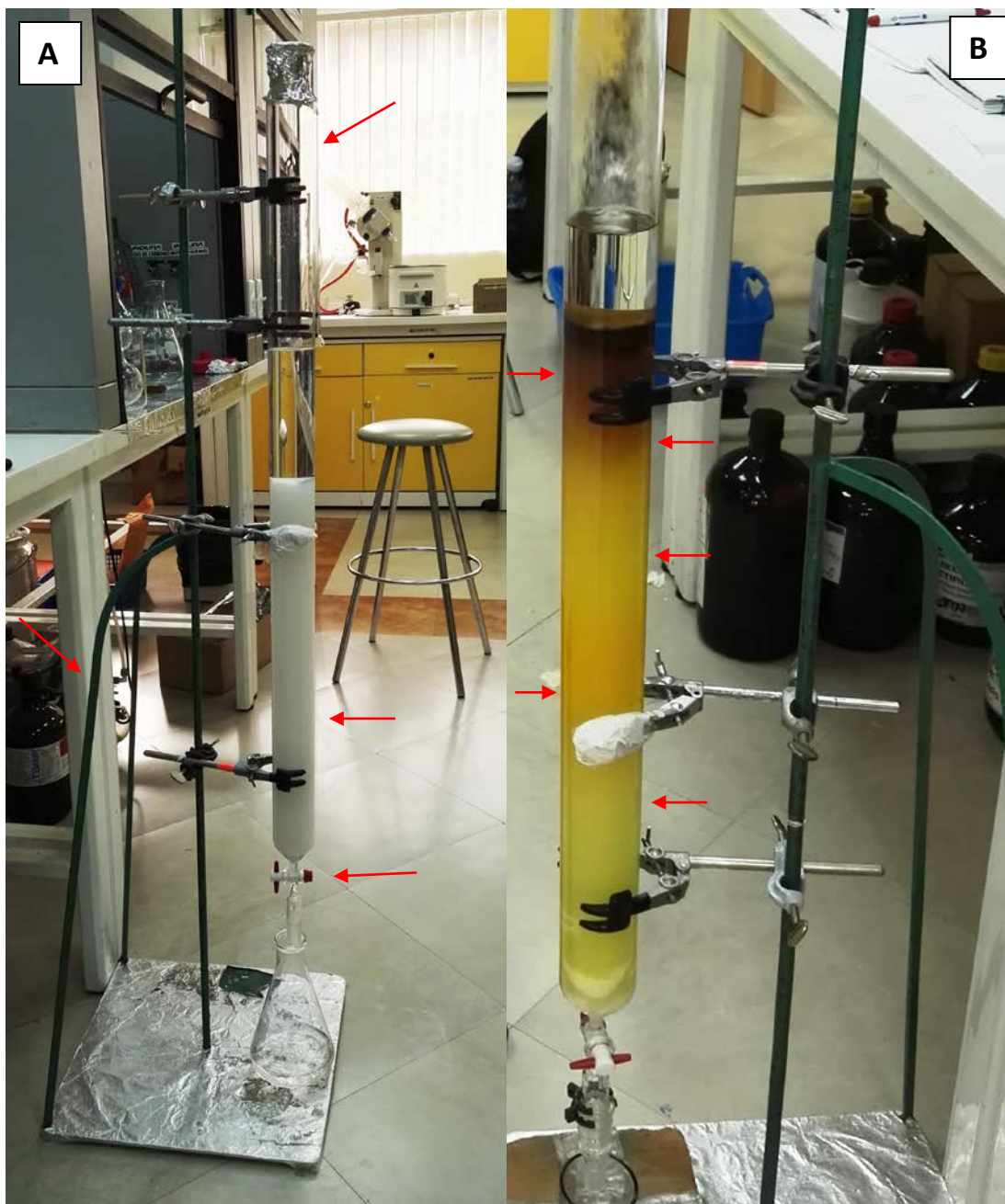


Figura 94. Cromatografía en columna. A. Soporte, columna de vidrio, fase estacionaria (gel de sílice), llave de paso. B. Bandas formadas por la separación de los compuestos.

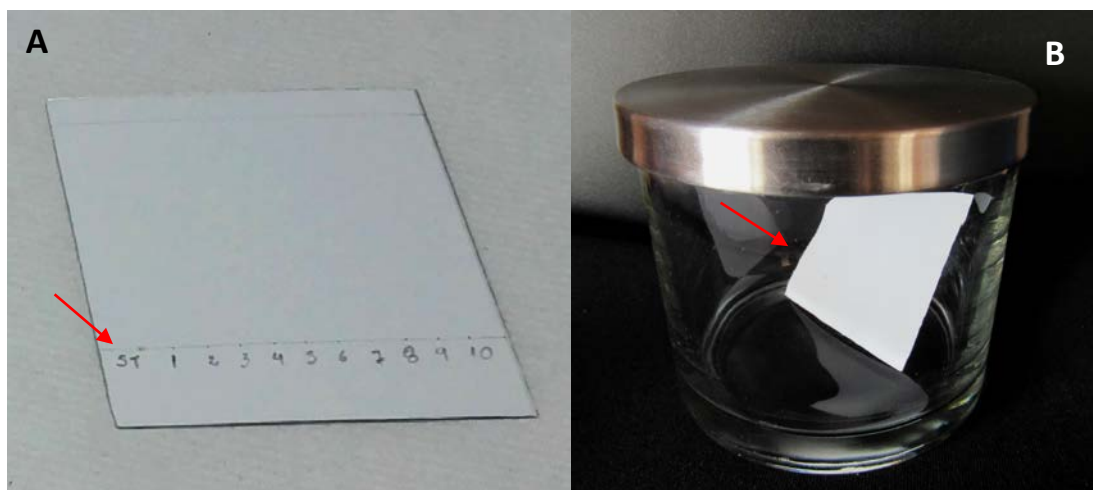


Figura 95. Cromatografía en capa fina. A. Placa de silicagel, borde de la placa donde se aplica pequeñas gotas de solución. B. Cámara con solvente y placa de silicagel.

En la **cromatografía de gases (CG)** la fase móvil es un gas acarreador (un gas inerte como el argón o el helio), y la fase estacionaria puede ser un sólido, o bien un sólido recubierto con un líquido no volátil. En este proceso el gas acarreador inerte se desplaza a presión sobre una columna recubierta o llena de un absorbente sólido. La mezcla que se inyecta en la cabeza de la columna se fracciona y se detecta a medida que el gas de salida pasa por un detector (Fox y Whitesell, 2000) (Figura 96).

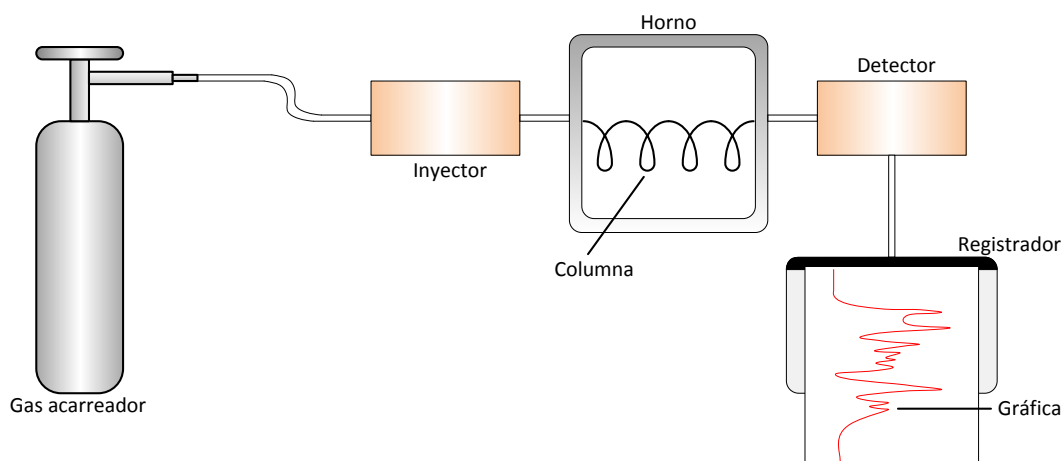


Figura 96. Diagrama de un cromatógrafo de gases (CG) (Fox y Whitesell, 2000).

Una vez que una mezcla se ha separado en sus componentes es frecuente el uso de técnicas espectroscópicas para identificar compuestos individuales. Las técnicas espectroscópicas implican la interacción de alguna forma de energía electromagnética con las moléculas para producir un espectro que se interpreta a fin

de poner de manifiesto la presencia de grupos y rasgos estructurales característicos (Fox y Whitesell, 2000).

El **Espectrómetro de masas (EM)** en su acepción más simple, la espectrometría de masas (EM) es una técnica para medir la masa y, como consecuencia, el peso molecular (PM) de una molécula. Además, con frecuencia es posible adquirir información sobre la estructura de una molécula midiendo las masas de los fragmentos que se producen cuando las moléculas se desintegran. Se evapora una pequeña cantidad de muestra, que entra al espectrómetro de masas; allí es bombardeada por un haz de electrones de alta energía. Esa energía se puede variar, pero en el caso normal es de unos 70 electrón volts (eV). Cuando un electrón de alta energía choca contra una molécula orgánica, expulsa un electrón de valencia de ella y produce un *radical catión* (*catión* porque la molécula ha perdido un electrón y adquiere una carga positiva; *radical* porque la molécula tiene ahora una cantidad impar de electrones). El bombardeo por electrones transfiere tanta energía a las moléculas, que la mayor parte de los cationes se *fragmentan* después de formarse. Salen despedidos en pedazos más pequeños, algunos de los cuales retienen la carga positiva y otros son neutros. A continuación, los fragmentos pasan a través de un tubo curvo, dentro de un campo magnético intenso, que los desvía en cantidades ligeramente distintas, de acuerdo con su razón de masa a carga (m/z). El campo magnético no desvía los fragmentos neutros y se pierden en las paredes del tubo, pero el espectrómetro clasifica los trozos con carga positiva y pasan a un detector, que los registra en forma de picos en las distintas relaciones de m/z (McMurry, 2001) (Figura 97).

La espectroscopia de masas sería útil aun cuando sólo se pudiera obtener la información sobre el peso molecular y la fórmula. Sin embargo, ofrece mucho más. Por ejemplo, el espectro de masas de un compuesto es una especie de "huella digital molecular". Cada molécula orgánica se fragmenta en forma única, que depende de su estructura, y la probabilidad de que dos compuestos tengan espectros idénticos de masas es pequeña. Por lo anterior, a veces es posible identificar una sustancia desconocida comparando en computadora su espectro de

masas con uno de los más de 220.000 registrados en una base de datos computarizada llamada *Registry of Mass Spectral Data* (Registro de datos sobre espectros de masas) (McMurry, 2001).

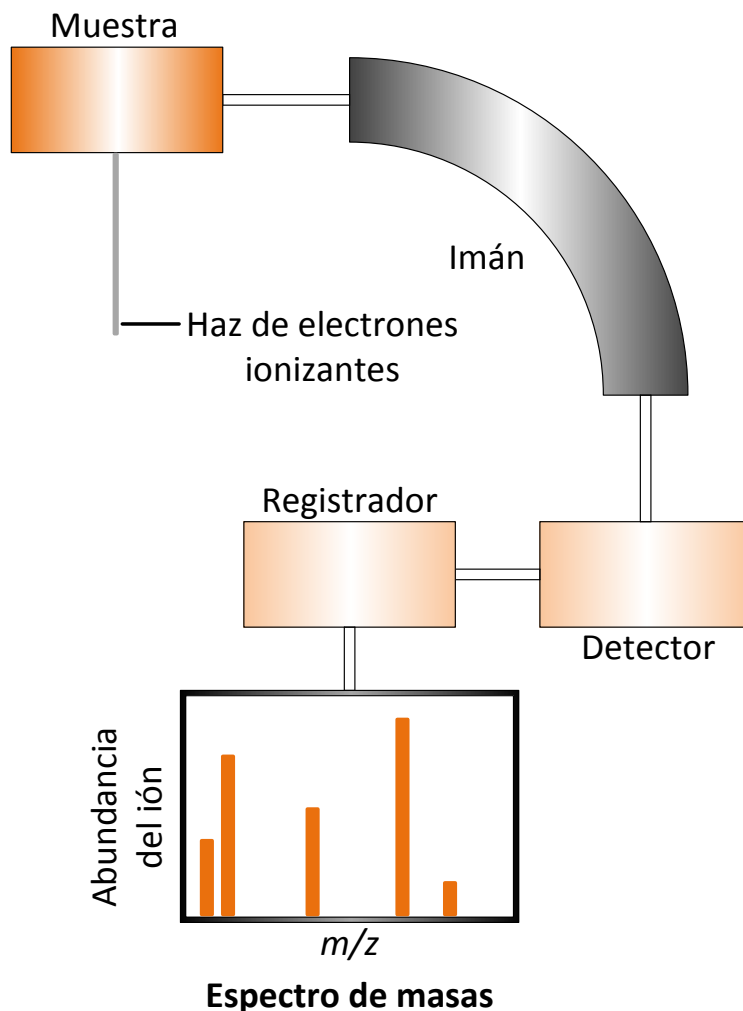


Figura 97. Representación esquemática de un espectrómetro de masas (EM) (Fox y Whitesell, 2000).

La asociación de estas dos técnicas, *cromatografía de gases* (CG) y *Espectrómetro de masas* (EM) da lugar a una técnica combinada denominada **Cromatografía de gases acoplado a Espectrómetro de masas (CG/EM)** que permite la separación e identificación de mezclas complejas.

Espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) permite la elucidación de estructuras moleculares e identificación de compuestos puros. Por medio de esta técnica podemos obtener detalles sutiles de la estructura molecular de los

compuestos, tales como los ángulos de enlace o las densidades electrónicas. La Resonancia Magnética Nuclear se basa en el cambio de orientación en el spin (giro) de un núcleo atómico (resonancia) que se logra al aplicar una radiación electromagnética (onda de radio). Esta técnica espectroscópica sólo puede utilizarse para estudiar núcleos atómicos con un número impar de la suma de protones y neutrones. Esta situación se da en los átomos de ^1H , ^{13}C , ^{15}N , ^{19}F y ^{31}P . Este tipo de núcleos son magnéticamente activos, ya que los núcleos que poseen carga positiva y movimiento de rotación (spin) hace que se comporten como si fueran pequeños imanes. La Resonancia Magnética Nuclear de Carbono (^{13}C) y de Hidrógeno (^1H) permite determinar todos los carbonos e hidrógenos de una molécula (Fox y Whitesell, 2000).

Los componentes básicos de un espectrómetro de RMN se muestran de manera esquemática en la Figura 98. La muestra, disuelta en un disolvente apropiado (el más común cloroformo deuterado, CDCl_3), se coloca en un tubo de paredes delgadas, el cual se inserta entre los polos de un imán superconductor y se hace girar con rapidez. Esta rotación asegura que todos los núcleos experimenten el mismo campo aplicado. Las pequeñas variaciones del campo magnético en diferentes lugares entre los polos del imán se promedian a medida que cada núcleo se mueve en todos los ambientes posibles. Se aplica un impulso de radiación de amplio espectro y elevada intensidad por medio de una bobina que rodea al tubo. Este impulso contiene una distribución homogénea de todas las frecuencias que se van a observar, y los núcleos reciben un estímulo uniforme para saltar de un estado de más baja energía a uno de mayor energía respecto al campo aplicado. El impulso dura sólo un tiempo corto (~ 0.1 seg) y, una vez que concluye, se usa un radiorreceptor para detectar la emisión de radiación electromagnética cuando los núcleos regresan al estado de más baja energía. El proceso se repite muchas veces y el resultado de cada impulso se acumula a la suma de resultados de impulsos previos, con lo que se amplifican las muy débiles señales que emiten los núcleos (Fox y Whitesell, 2000).

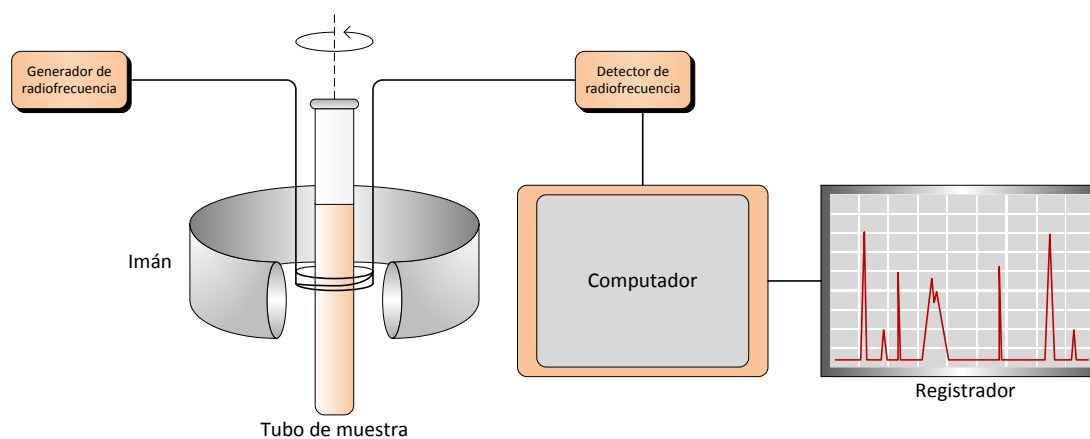


Figura 98. Representación esquemática de los elementos fundamentales de un espectrómetro de resonancia magnética nuclear (Fox y Whitesell, 2000).

2.6.1. Metodología de la extracción, purificación y elucidación de *Ambrosia arborescens*

Obtención del extracto

El extracto bruto de *Ambrosia arborescens* (Figura 99.A) se obtuvo de sus hojas secadas al aire y convertidas a un polvo muy fino (Figura 99.B). En un matraz grande se colocaron 400 g de este polvo seco y se añadieron 1.600 ml de acetato de etilo (AcOEt). Se usó maceración estática (agitación ocasional), a temperatura ambiente (Figura 99.C) y pasadas las 24 horas se realizó el filtrado, separándose de esta forma el sólido del líquido (Figura 99.D). Este procedimiento se repitió por tres veces.



Figura 99. A. *Ambrosia arborescens*. B. Polvo seco. C. Maceración estática con acetato de etilo (AcOEt). D. Filtrado.

El líquido producto de las tres maceraciones consecutivas se concentró a presión reducida (uso de rotavapor) (Figura 100.A), para finalmente obtener 18,9 g de extracto bruto (Figura 100.B). El extracto sin solvente fue llevado a una liofilizadora por alrededor de una semana, con el fin de eliminar cualquier residuo de humedad. Pasado este tiempo, el extracto ya liofilizado estaba listo para el proceso de remoción de clorofilas.



Figura 100. A. Rotavapor. B. Extracto bruto de *Ambrosia arborescens*.

Filtrado de clorofilas

Una vez obtenido el extracto bruto se procedió a remover sus clorofilas, se destinó 10 g para la filtración a través de una columna usando la fase reversa C_{18} (LiChroprep Merck 25-40 μm) y con una mezcla de solventes metanol (MeOH)/ H_2O 90:10.

Cromatografía en columna

Esta técnica se realizó empacando en una columna de vidrio (tamaño 120 cm aprox.), con 630 g de silicagel de tamaño de partícula 60-230 mesh. (fase sólida), a esta se aplicó 6,3 g del filtrado; a continuación se fue agregando la fase móvil en un

gradiente de (Hex) hexano-acetato de etilo (AcOEt), incrementando la polaridad (Figura 101.A); mediante ésta técnica se obtuvieron 185 fracciones de 50 ml aproximadamente (Figura 101.B).



Figura 101. A. Cromatografía en columna. B. Fracciones de 50 ml aproximadamente, resultante de la cromatografía en columna.

Cromatografía en capa fina (CCF)

Las fracciones obtenidas se compararon por cromatografía en capa fina (CCF). Las fracciones que mostraron un perfil cromatográfico similar se combinaron para obtener un total de 34 fracciones (Figura 102). Esta cromatografía se realizó sobre placas de silicagel 60 F₂₅₄ pre-recubiertas (0.2 mm, Merck) (Figura 103.A). La detección se realizó en luz UV, $\lambda = 254$ nm, (Figura 103.B) y también tinción con Yodo.



Figura 102. Comparación de fracciones por cromatografía en capa fina (CCF).

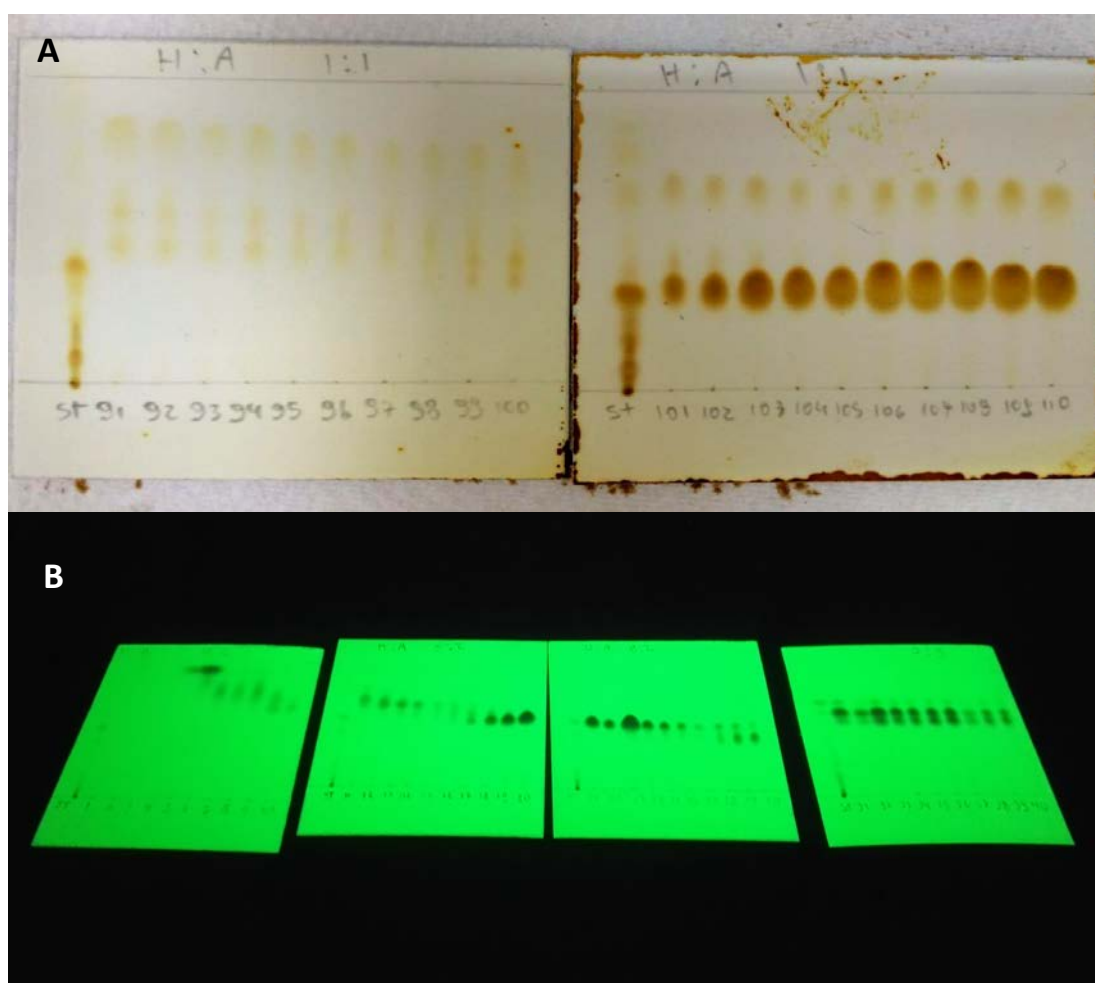


Figura 103. Cromatografía en capa fina (CCF). A. Placas de silicagel con tinción de yodo. B. Placas vistas a luz ultravioleta.

La **Cromatografía de gases acoplado a Espectrómetro de masas (CG/EM)** se determinó en un equipo Agilent 6890N CG/EM que funcionaba bajo condiciones de impacto de electrones (EI) a 70 eV (Figuras 104.A y B). En el compartimento (auto-muestreador) de este equipo se colocó la muestra, que previamente fue colocada en un frasco color ambar aproximadamente 1 ml (Figura 104.C). El resultado del uso de esta técnica es el cromatograma que muestra el ion molecular de masa a carga (m/z).



Figura 104. A y B. Cromatógrafo de gases acoplado a Espectrómetro de masas (CG/EM). C. Frasco con muestra.

Los espectros de **Resonancia Magnética Nuclear (RMN)** se registraron en cloroformo deuterado (CDCl_3), a 25°C en un espectrómetro de RMN de Varian Unity (Figura 105), funcionando a 400 MHz para protón (^1H) y 100 MHz para espectros de carbono 13 (^{13}C).



Figura 105. Equipo de resonancia magnética nuclear (RMN) usado en la elucidación de estructuras moleculares.

Cada muestra consistió en aproximadamente 5-10 mg de compuesto disuelto en 1 ml de CDCl_3 que contenía tetrametilsilano (TMS) como referencia interna (Figura 106.A). La muestra colocada en un tubo de vidrio (longitud 17.5 cm/diámetro 5 mm) se insertó entre los polos del imán del equipo (Figura 106.B). Todos los espectros de RMN unidimensionales (1D) y bidimensionales (COSY, HSQC y HMBC) fueron adquiridos y procesados con el software Varian estándar y con la versión 10.0.1-14719 de MestReNova.

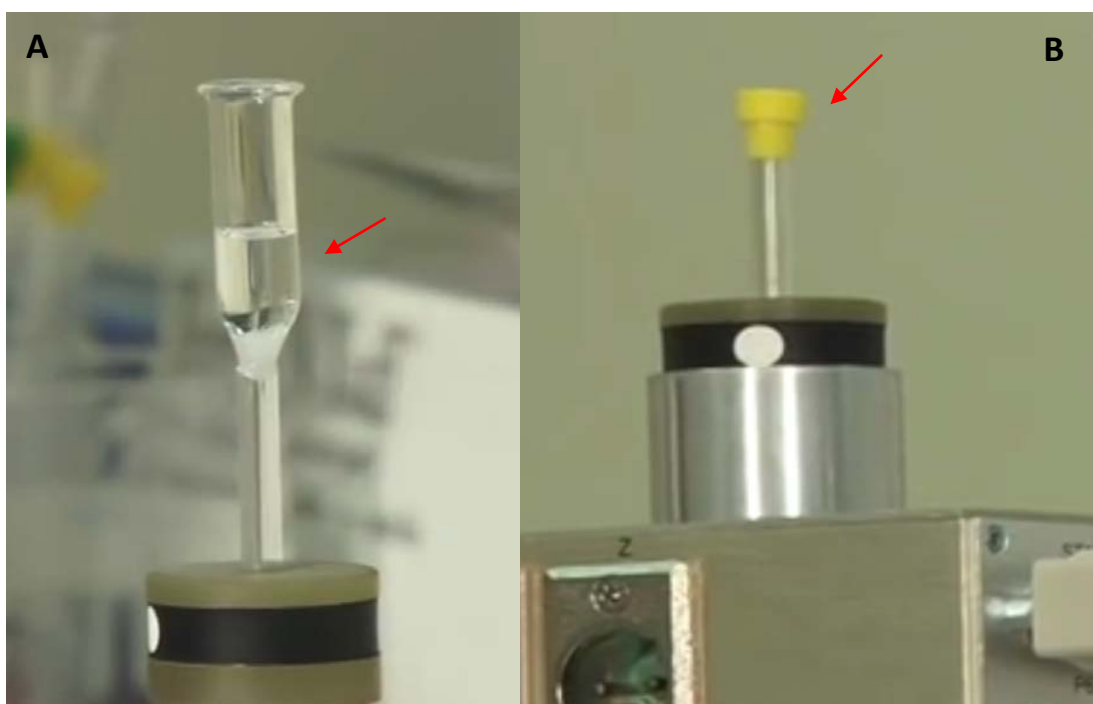


Figura 106. A. Muestra diluida. B. Tubo de vidrio con muestra colocado entre los polos del imán superconductor alojado dentro del equipo.

Adicionalmente a todas las técnicas aplicadas, se midieron los **puntos de fusión** de los compuestos puros (cristales) aislados de *A. arborescens*, con un aparato *Fisher-Johns* y no se corrigieron (Figura 107). El punto de fusión es la temperatura a la cual se encuentra el equilibrio de fases sólido-líquido, es decir, la materia pasa de estado sólido a estado líquido, se funde. Cabe destacar que el cambio de fase ocurre a temperatura constante (Dupont y Gokel, 2007). El rango de temperatura tomado establece la pureza del compuesto analizado en donde el grado de pureza es mayor cuanto menor sea el intervalo de temperatura del punto de fusión (Freixedas *et al.*,

2000). La mínima cantidad de muestra (cristales) se colocó en el lente del equipo para evaluar su temperatura.



Figura 107. *Fisher-Jhons Melting Point Apparatus* serial 40-22, para la determinación de los puntos de fusión.

CAPÍTULO 3.

RESULTADOS

3.1. Bioensayos preliminares

Análisis de datos

Aspectos etológicos de *Spodoptera frugiperda* y *Premnotrypes vorax* durante los bioensayos preliminares en laboratorio dificultaron realizar una evaluación objetiva de la acción biocida de los extractos de cada planta probada. En lo que se refiere a *Spodoptera frugiperda* se observó que esta plaga presenta canibalismo. En el caso de *Premnotrypes vorax* al ser manipulado mostraba un comportamiento de defensa, que se manifestaba en permanecer inmóvil y colocarse con sus patas hacia arriba, de forma que hacía suponer que estaba muerto. Razón por la cual estos insectos-plaga fueron descartados para seguir probando dosis adicionales.

Los bioensayos preliminares, consistentes en el análisis de porcentajes de mortalidad media a las 24 horas de los diferentes extractos brutos de plantas, probados con *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura*, a una concentración de 20 g/l, dieron los siguientes resultados:

- a) Para *N. elegantalis* las plantas que mostraron resultados fueron *Clibadium surinamense* (58%), *Lonchocarpus utilis* (50%) y *Ambrosia arborescens* (50%).
- b) Para *D. platura* las plantas que presentaron mejores resultados fueron *Ambrosia arborescens* (92%) y *Solanum mammosum* (67%). Adicionalmente otras plantas como *C. surinamense* (25%), *L. utilis* y *Prunus debilis* (17%), *Argemone subfusiformis*, *Bixa orellana* y *Turpinia occidentalis* (8%), también mostraron efectos negativos sobre este díptero (Figura 108).

Estos datos muestran que cuatro especies vegetales, como son *L. utilis*, *A. arborescens*, *C. surinamense* y *S. mammosum* (fruto), resultaron tener mejor acción biocida sobre dichas plagas, en comparación con el resto de plantas probadas, lo que adicionalmente indica la viabilidad de seguir probando dosis adicionales.

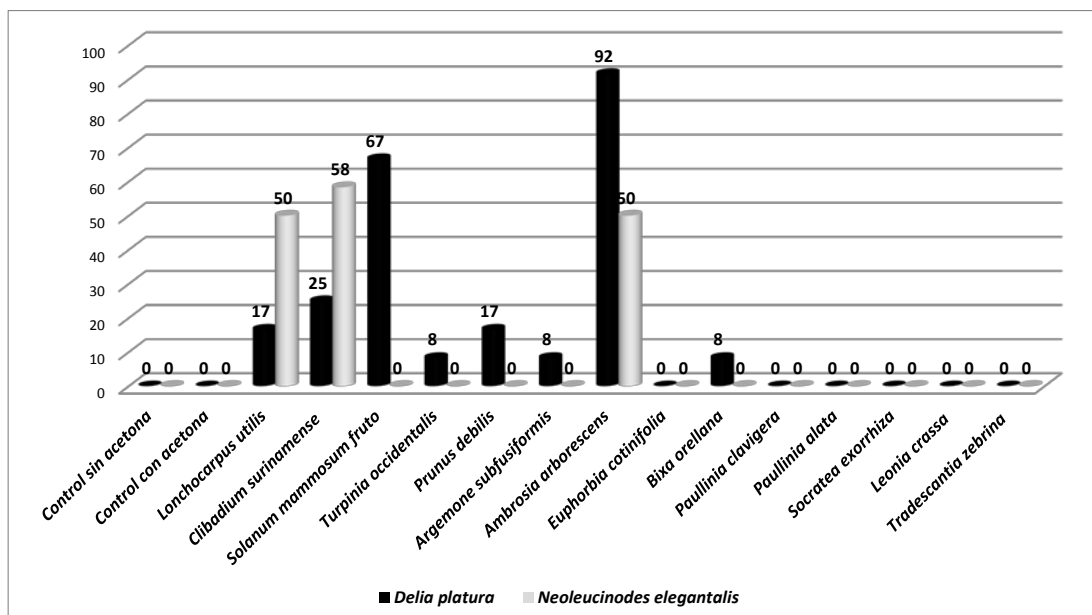


Figura 108. Porcentajes de mortalidad media a las 24 horas de los diferentes extractos de plantas probados sobre *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura*.

3.2. Bioensayos definitivos

Los estudios de evaluación de la toxicidad persiguen profundizar en los efectos tóxicos producidos, así como en establecer la relación dosis (o concentración)-respuesta (efecto), que consiste en la estimación de la relación entre la dosis o el nivel de exposición a una sustancia y la incidencia y la gravedad del efecto.

Análisis de datos

Los resultados obtenidos de los bioensayos definitivos, en donde se probaron los extractos de cuatro especies vegetales: *Lonchocarpus utilis*, *Ambrosia arborescens*, *Clibadium surinamense* y *Solanum mammosum* (fruto); a diferentes dosis: 5, 10, 20, 25, 30, 40 y 50 gr/litro, sobre las dos plagas de insectos: *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura* (Figura 109), fueron analizados aplicando un modelo de dosis-respuesta (Logit) para la supervivencia-mortalidad de los especímenes y estimar la $DL_{50\%}$ y $DL_{90\%}$.

Con el fin de conocer de manera general los extractos de las plantas que estaban ejerciendo más control sobre los insectos plaga se calculó (Tabla 3 y 4) y se representó gráficamente (Figura 110) el porcentaje de mortalidad general.

Los extractos vegetales presentaron diferentes efectos biocida para cada especie de insectos estudiada. Tanto en el control 1 (acetona al 50%) como en el control 2 (sin nada) se obtuvo un 100% de supervivencia (Tabla 3 y 4; Figura 110). Para el caso de *Neoleucinodes elegantalis*, tres de los cuatro extractos vegetales redujeron la supervivencia del insecto: *Lonchocarpus utilis* en un 48%, *Clibadium surinamense* en un 29% y *Ambrosia arborescens* en un 27%. Por otro lado, el uso del extracto vegetal de *Solanum mammosum* no mostró efecto alguno sobre *N. elegantalis* (Tabla 3; Figura 110). En el caso de *Delia platura*, dos de los cuatro extractos vegetales probados redujeron la proporción de insectos al final del experimento: *A. arborescens* en un 35% y *S. mammosum* en un 15%. Y las especies *C. surinamense* y *L. utilis* no afectaron la supervivencia de *Delia platura* (Tabla 4; Figura 110).

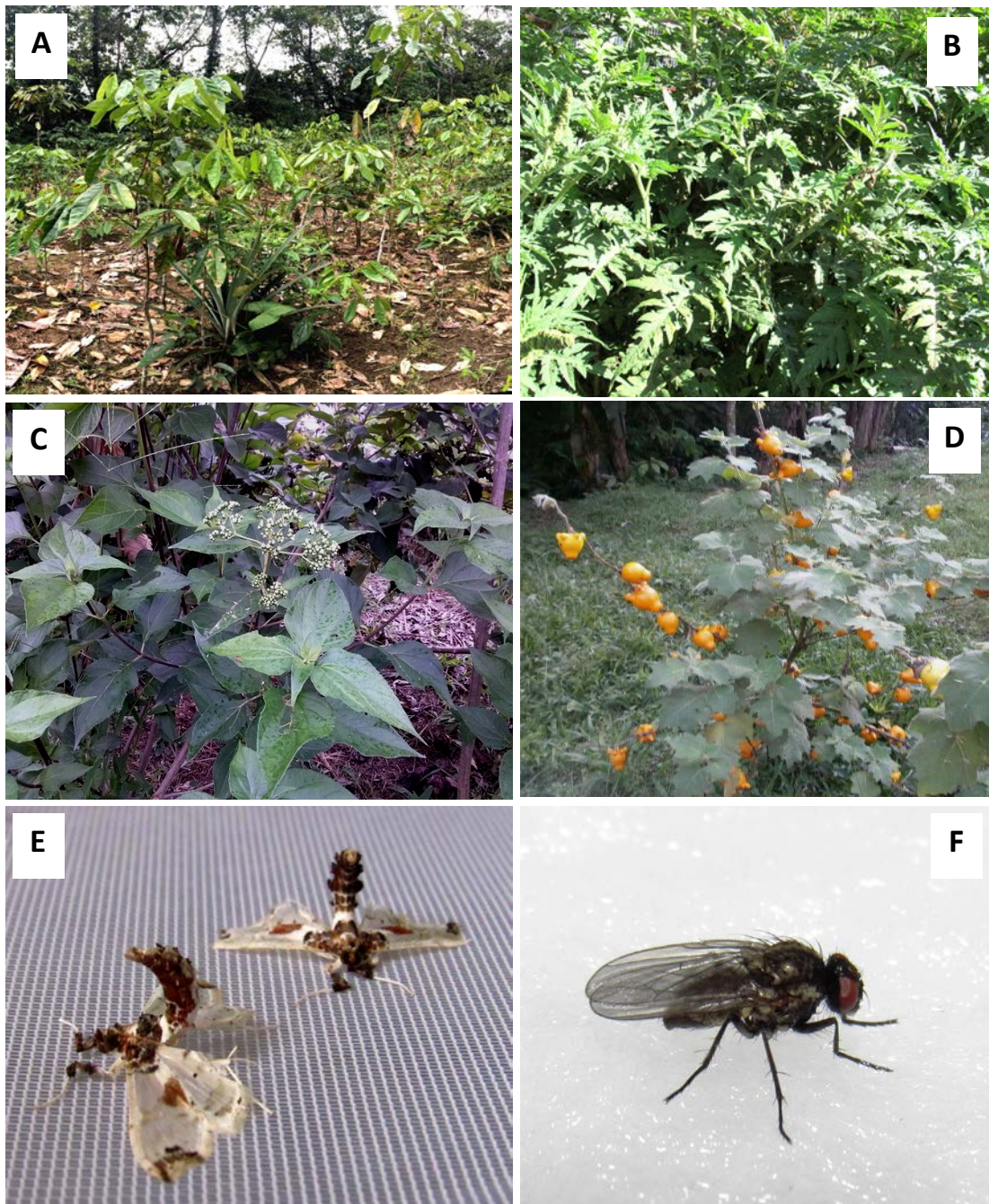


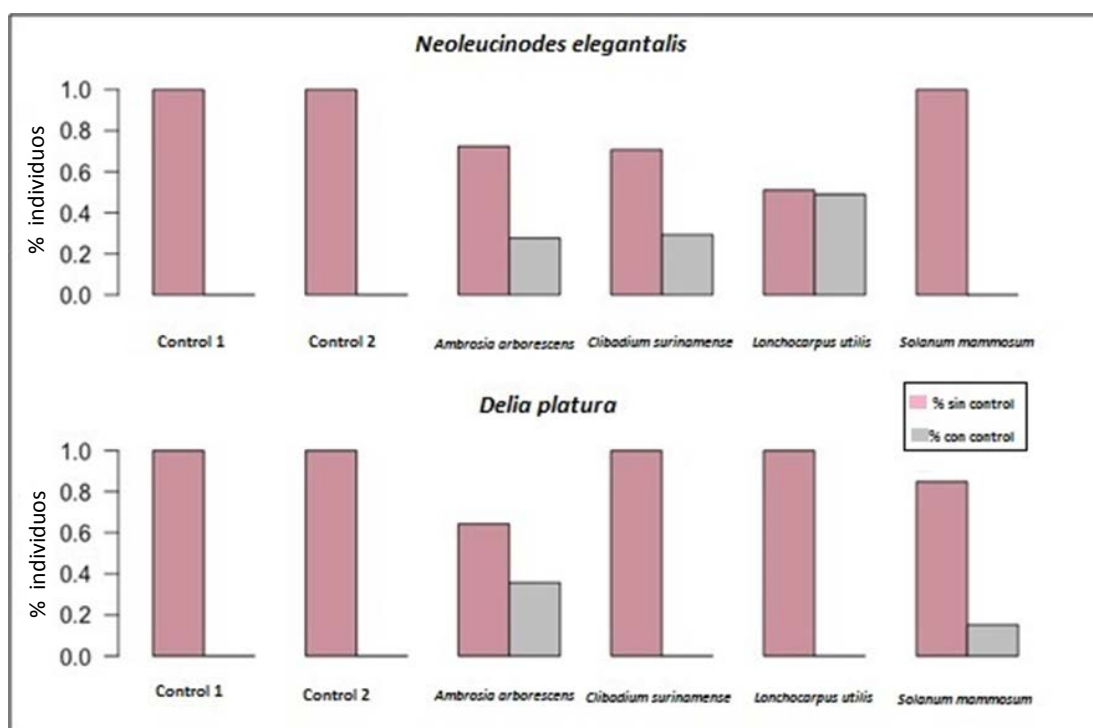
Figura 1099. Plantas con acción biocida. **A.** *Lonchocarpus utilis* (Fabaceae) “barbasco de raíz”. **B.** *Ambrosia arborescens* (Asteraceae) “marco”. **C.** *Clibadium surinamense* (Asteraceae) “barbasco de hoja”. **D.** *Solanum mammosum* (Solanaceae) “teta de vaca”. Insectos plaga. **E.** *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae). **F.** *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae).

Tabla 3. Porcentaje de mortalidad para *Neoleucinodes elegantalis*.

Planta/Especie	No/mortalidad	Si/mortalidad
<i>Ambrosia arborescens</i>	0.7232143	0.2767857
<i>Clibadium surinamense</i>	0.7065217	0.2934783
<i>Lonchocarpus utilis</i>	0.5108696	0.4891304
<i>Solanum mammosum</i>	1.0000000	0.0000000
Control 1: con acetona al 50%	1.0000000	0.0000000
Control 2: sin nada (absoluto)	1.0000000	0.0000000

Tabla 4. Porcentaje de mortalidad para *Delia platura*.

Planta/Especie	No/mortalidad	Si/mortalidad
<i>Ambrosia arborescens</i>	0.6428571	0.3571429
<i>Clibadium surinamense</i>	1.0000000	0.0000000
<i>Lonchocarpus utilis</i>	1.0000000	0.0000000
<i>Solanum mammosum</i>	0.8482143	0.1517857
Control 1: con acetona al 50%	1.0000000	0.0000000
Control 2: sin nada (absoluto)	1.0000000	0.0000000

**Figura 110.** Efecto de los extractos vegetales sobre *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura*.

Para *Neoleucinodes elegantalis* las dosis de los extractos probados también demostraron ser un factor determinante en la reducción de la proporción de insectos. Los modelos mostraron que el mejor extracto fue *Lonchocarpus utilis* que presentó valores más bajos de DL_{50} y DL_{90} , 25 y 38 $g\ l^{-1}$, respectivamente (Figura 111). Seguido de *Ambrosia arborescens* y *Clibadium surinamense*, que muestran valores similares de DL_{50} , 38 $g\ l^{-1}$. El valor de DL_{90} para *A. arborescens* es de 48 $g\ l^{-1}$, mientras que el *C. surinamense* es de 48,5 $g\ l^{-1}$ (Figura 112 y 113).

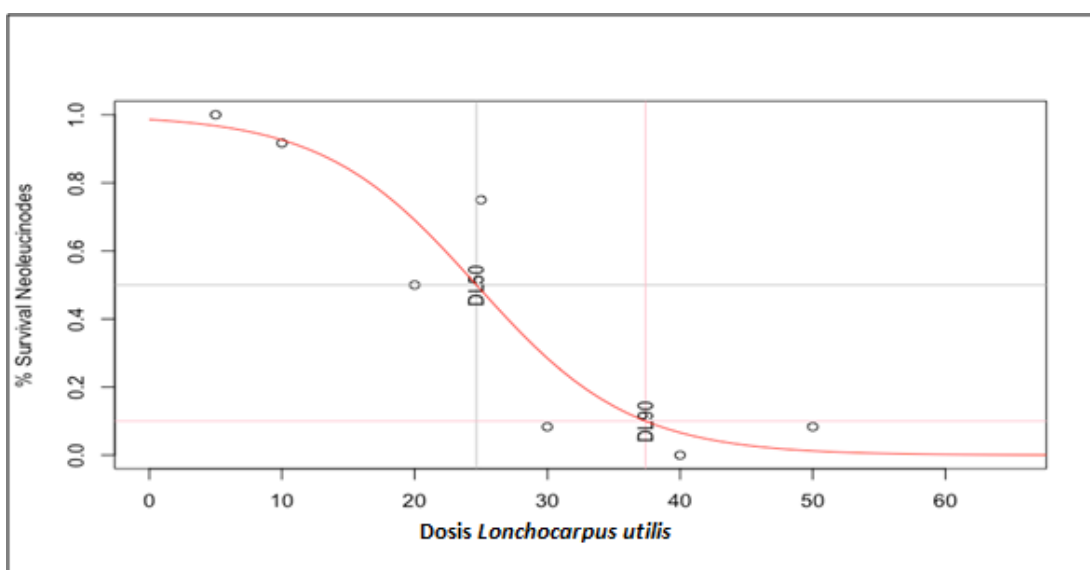


Figura 111. DL_{50} y DL_{90} de *Lonchocarpus utilis* para *Neoleucinodes elegantalis*.

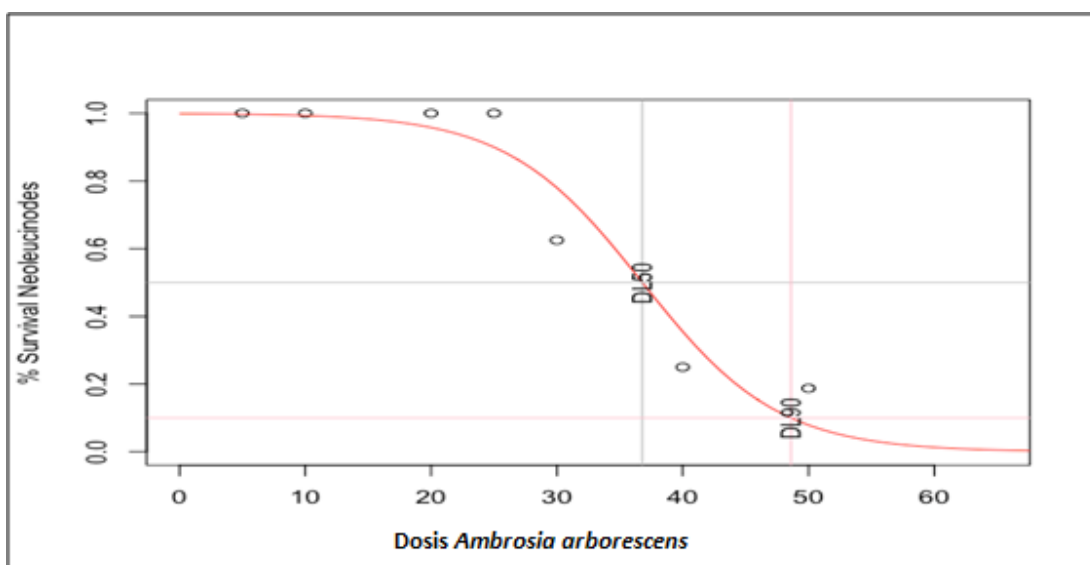


Figura 112. DL_{50} y DL_{90} de *Ambrosia arborescens* para *Neoleucinodes elegantalis*.

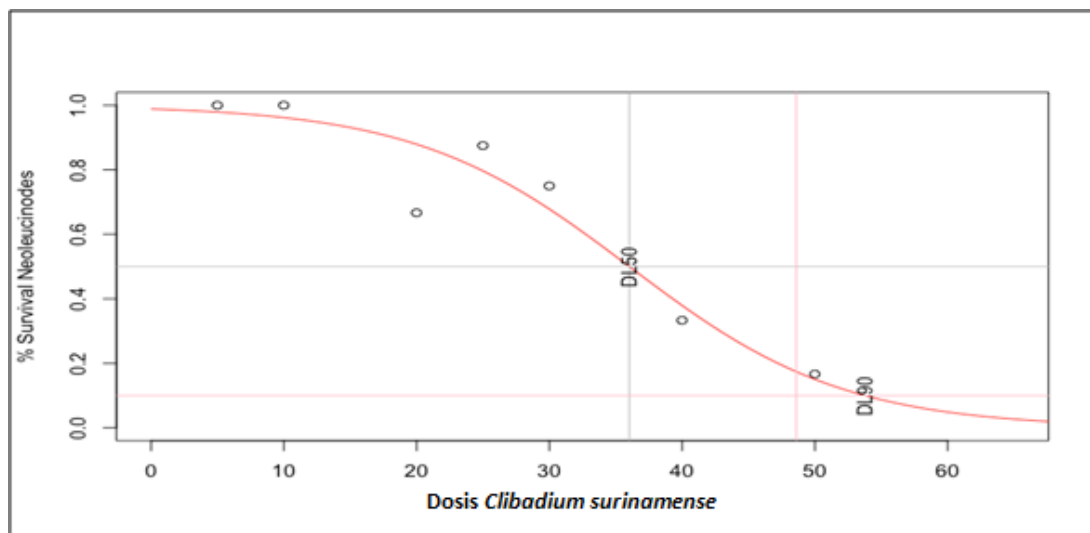


Figura 113. DL50 y DL90 de *Clibadium surinamense* para *Neoleucinodes elegantalis*.

Respecto a *Delia platura*, dos extractos vegetales mostraron acción biocida sobre este díptero. *Ambrosia arborescens* mostró los valores de DL₅₀ y DL₉₀ más bajos, siendo de 34 y 52 g l⁻¹, respectivamente (Figura 114). En el caso de *Solanum mammosum*, el modelo mostró que la DL₅₀ para este extracto fue de 48 g l⁻¹ y la DL₉₀ fue 66 g l⁻¹ (Figura 115). Los otros dos extractos probados que corresponden a *Lonchocarpus utilis* y *Clibadium surinamense*, no ejercieron ninguna acción de control sobre esta plaga.

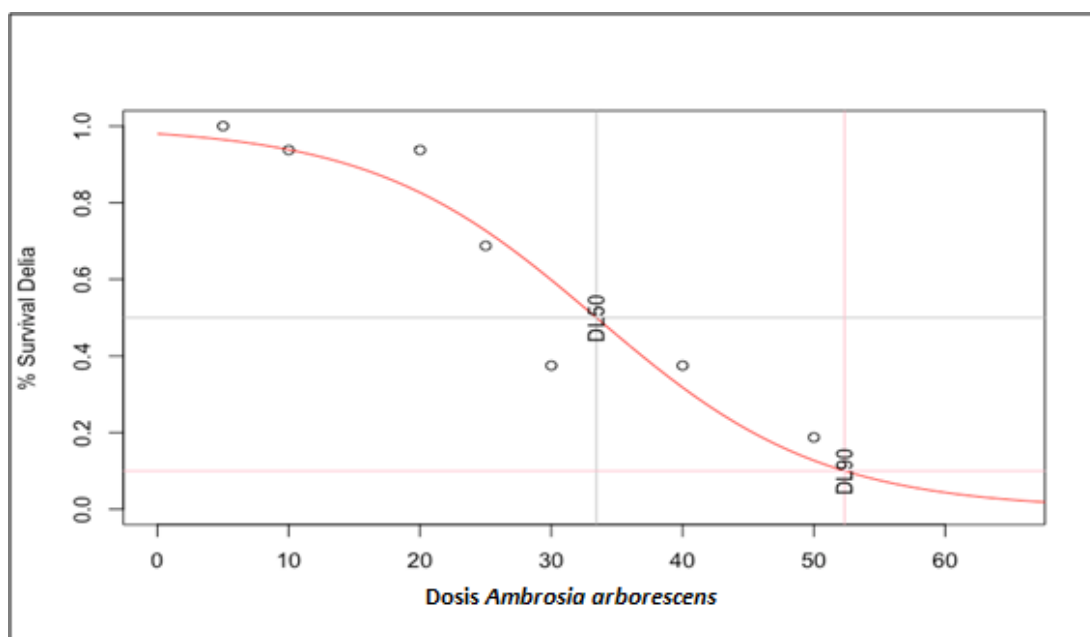


Figura 114. DL50 y DL90 de *Ambrosia arborescens* para *Delia platura*.

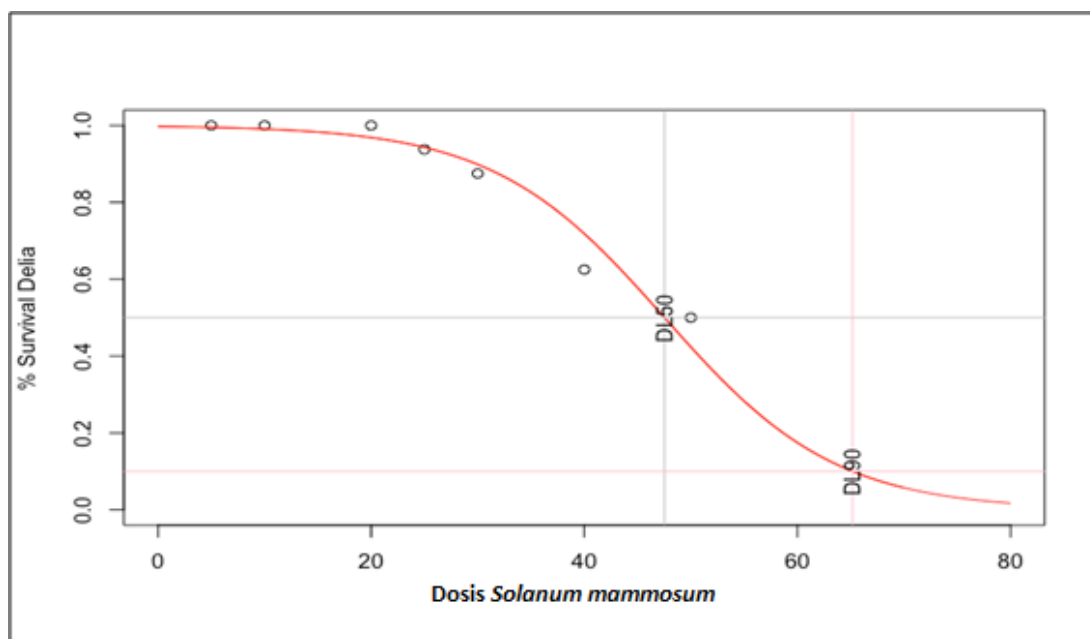


Figura 115. DL50 y DL90 de *Solanum mammosum* para *Delia platura*.

3.3. Resultados fitoquímicos

Mediante la Fitoquímica realizada a *Ambrosia arborescens*, se logró el aislamiento de cuatro compuestos químicos, correspondientes al grupo de metabolitos secundarios denominado lactonas sesquiterpénicas.

A continuación se detallan las características de los compuestos aislados:

Aislamiento de Damsin (1)

Las fracciones 104 a 110 que resultaron ser esencialmente equivalentes por Cromatografía en capa fina (CCF), se combinaron y recrystalizaron en acetato de etilo (AcOEt), para obtener cristales incoloros (132 mg) con un punto de fusión de 104-105°C, (fracción 20). El espectro masas mostró el ion molecular de masa a carga (m/z) 248 correspondiente a la fórmula molecular $C_{15}H_{20}O_3$.

Aislamiento de Cordilin (2)

Las fracciones 117 a 127 que resultaron ser esencialmente equivalentes por Cromatografía en capa fina (CCF), se combinaron y recrystalizaron en acetato de etilo (AcOEt), para dar cristales incoloros (365 mg) con un punto de fusión de 218-220°C, (fracción 23). El espectro masas mostró el ion molecular de masa a carga (m/z) 280 (100) correspondiente a la fórmula molecular $C_{15}H_{20}O_5$.

Aislamiento de Coronopilin (3)

Las fracciones 131 a 139 que resultaron ser esencialmente equivalentes por Cromatografía en capa fina (CCF), se combinaron y recrystalizaron en acetato de etilo (AcOEt), para dar cristales incoloros (158 mg) con un punto de fusión de 178-180°C, (fracción 25). El espectro EI mostró el ion molecular de masa a carga (m/z) 264 correspondiente a la fórmula molecular $C_{15}H_{20}O_4$.

Aislamiento de Psilostachyin C (4)

Las fracciones 158 a 164 que resultaron ser esencialmente equivalentes por Cromatografía en capa fina (CCF), se combinaron y recrystalizaron en acetato de etilo (AcOEt), para dar cristales incoloros (321 mg) con un punto de fusión de 210-212°C, (fracción 30). El espectro EI mostró el ion molecular de masa a carga (m/z) 264 correspondiente a la fórmula molecular $C_{15}H_{20}O_4$.

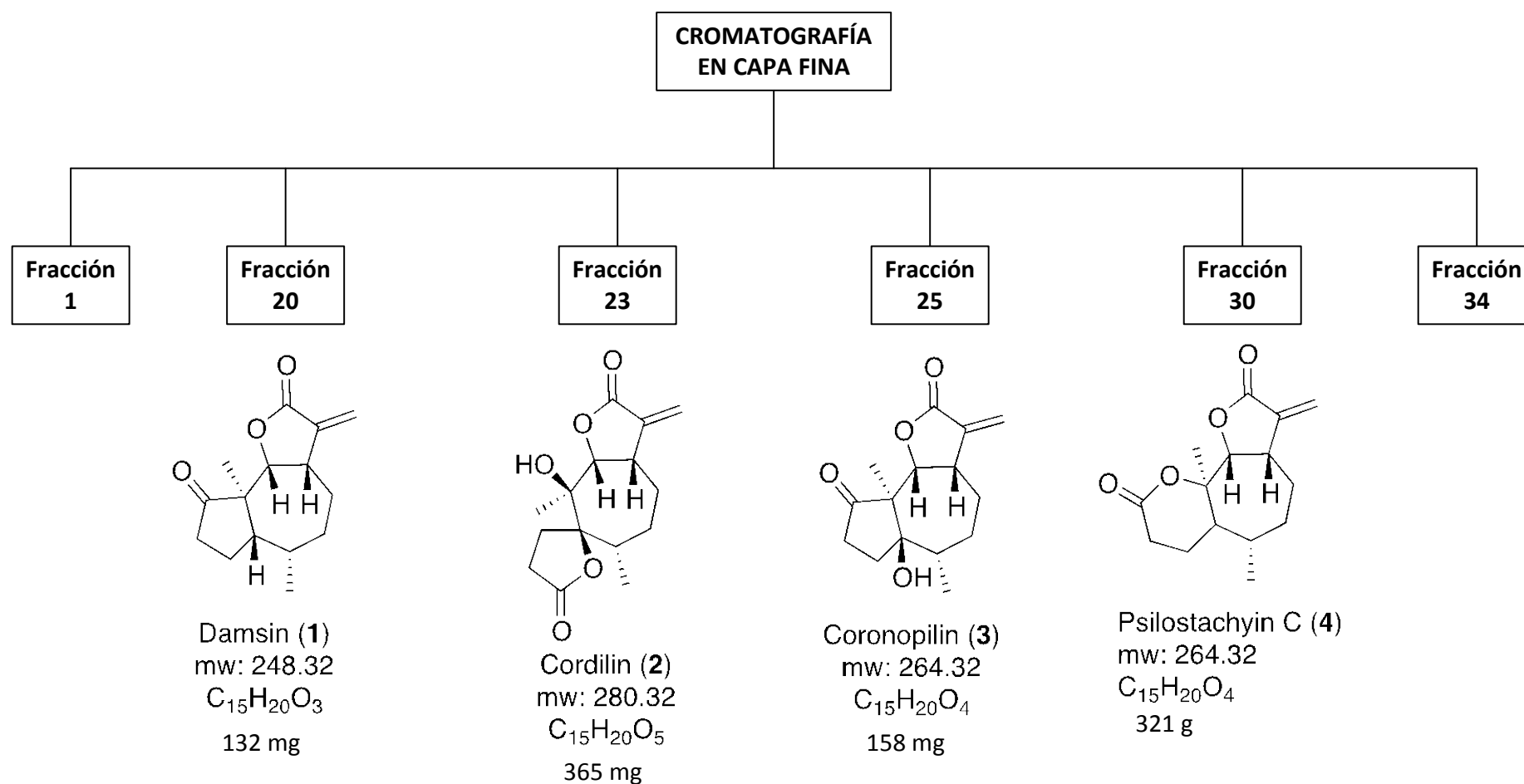


Figura 116. Fracciones obtenidas mediante cromatografía en capa fina y estructura química de las moléculas aisladas.

CAPÍTULO 4.

DISCUSIÓN

De las 14 especies vegetales probadas sobre diferentes insectos plaga, únicamente cuatro, *Lonchocarpus utilis* (Fabaceae), *Solanum mammosum* (Solanaceae), *Ambrosia arborescens* y *Clibadium surinamense* (Asteraceae) resultaron ser eficaces para dos plagas de insectos, *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura*.

En Ecuador, según Jørgensen y León-Yáñez (1999) y la Base de Datos *Tropicos*, *C. surinamense* y *S. mammosum* están ampliamente distribuidas en sus tres regiones naturales: Costa, Andes y Amazonía, mientras que *L. utilis* y *A. arborescens* únicamente se reportan para la región Amazónica y los Andes, respectivamente.

Las plantas de la región Amazónica (*L. utilis*, *C. surinamense* y *S. mammosum*), que mostraron acción biocida, fueron recolectadas en las chakras de las comunidades Kichwas del cantón Arajuno, lo que resulta muy interesante desde el punto de vista de aprovechamiento de los recursos vegetales. La chakra de cada familia es manejada sobre una base sólida de conocimientos ancestrales que es transmitido de generación en generación por las mujeres ancianas como una estrategia para preservar su cultura y la soberanía alimentaria de las comunidades indígenas (Vacacela, 2008).

En el caso de *A. arborescens*, planta nativa de los Andes ecuatorianos, fue recolectada en las riberas de una quebrada en la ciudad de Quito; a pesar de la presión antropogénica que soportan las quebradas en las grandes ciudades de Ecuador, las franjas de vegetación de ribera aún albergan una importante biodiversidad nativa, razón por la cual en la ciudad de Quito se ha declarado a su

sistema de quebradas como patrimonio natural, histórico, cultural, y paisajístico, permitiendo de ésta manera garantizar la conservación y protección de ésta especie y muchas otras (Oleas *et al.*, 2016).

La etnobotánica en esta investigación permitió conocer el potencial uso biocida de las plantas señaladas como tóxicas. Es inevitable pensar que este tipo de plantas pueden tener diferentes usos, entre ellos cumplir con la función de insecticida. En Ecuador se conoce que 34 especies de 16 familias tienen la categoría de insecticida. Las familias Asteraceae (8), Solanaceae (7) y Fabaceae (6) contienen el 58 % del total de especies reportadas (34) para estos fines; así mismo un total de nueve etnias ecuatorianas utilizan plantas como insecticidas. Los que más especies utilizan son los Mestizos (7) y los Kichwa del Oriente (6) (Kvist y Alarcón, 2008).

De las cuatro especies vegetales, que mostraron tener efecto biocida sobre *N. elegantalis* y *D. platura*; dos corresponden a la familia Asteraceae (*A. arborescens* y *C. surinamense*); una a la familia Fabaceae (*L. utilis*) y la última a la familia Solanaceae (*S. mammosum*). El resto de plantas probadas en los bioensayos no mostraron efectividad, a pesar de que toda la información etnobotánica consultada y la recogida de las personas del campo, aseveraban que al menos uno de sus potenciales usos era el insecticida (Cerón, 1995; Cerón y Montalvo, 1998; Rios *et al.*, 2007; de la Torre *et al.*, 2008a).

Entre las especies catalogadas como insecticidas, prevalece *A. arborescens* “marco”, ampliamente utilizada en ocho de las diez provincias de la Sierra ecuatoriana (de donde esta especie es nativa) y cuyo principal uso es el de eliminar pulgas. Sin embargo esta planta tiene otros usos tales como: apícola, ornamental (cercas vivas) en las casas, veneno, materia prima en el uso medicinal: preparación de infusión con las hojas para curar el dolor de muelas; para la sarna (enfermedad cutánea) en humanos y animales domésticos, el zumo de las hojas se coloca en los sitios afectados, y social-rituales (Rios *et al.*, 2007; Kvist y Alarcón, 2008; Quintana, 2013).

Del mismo modo que el caso anterior, *S. mammosum* “teta de vaca” es una

especie catalogada como insecticida, usada para eliminar garrapatas, piojos y cucarachas; además esta especie está entre las plantas más usadas por las etnias ecuatorianas, pues la utilizan los Awa, Cofán y Siona. Asimismo, esta planta también tiene otros usos tales como: materia prima, tóxico para vertebrados o veterinario (uso dermatológico). En este último caso, la parte interior del fruto se frota sobre las zonas afectadas por hongos y parásitos que afectan la piel de los animales (Rios *et al.*, 2007; Kvist y Alarcón, 2008).

L. utilis y *C. surinamense* son dos especies consideradas ictiotóxicas, concretamente sus raíces y hojas, respectivamente. En Ecuador, las plantas empleadas como venenos para peces se suelen llamar comúnmente “barbasco” y se registran 51 especies de plantas con este uso. *L. utilis* es la especie más utilizada, seguido de *C. surinamense* y ambas especies son cultivadas. El uso del “barbasco” es característico de las poblaciones de tierras bajas y bosque montano bajo, tanto en el este como en el oeste de Ecuador. En la región Amazónica ecuatoriana, todos los registros de uso provienen de nativos y la mayor diversidad de plantas ictiotóxicas han sido reportadas por los Shuar, Kichwa y Wao (Kvist y Alarcón, 2008).

Durante las recolecciones del material vegetal se pudo observar que, particularmente, las cuatro especies vegetales antes citadas, no presentaban una herbivoría notable en sus hojas. Este hecho según Granados-Sánchez *et al.* (2008) es atribuible a su toxicidad dada por la concentración de compuestos químicos (metabolitos secundarios) los cuales pueden ser tóxicos para algunos animales. Estos compuestos químicos son almacenados en la pared celular de tejidos que aún no tienen la rigidez que proporciona la lignina o los silicatos, tal como en los brotes, hojas jóvenes, y frutos inmaduros. Es evidente que la capacidad para fabricar estas sustancias químicas y para retenerlas en sus tejidos resulta ser un paso evolutivo importante para estas plantas y les proporciona una protección bioquímica contra muchos herbívoros.

La dosis letal media (DL_{50}) es considerada como el mejor indicativo de la capacidad tóxica de una sustancia. Una sustancia que administrada en pequeña cantidad produce daño, será más tóxica que otra sustancia que precisa mayor dosis para originar el mismo daño (Repetto M. y Repetto G., 2009).

En lo que se refiere a las estructuras vegetales que poseen efectos tóxicos, es bien conocido por las Etnias Amazónicas que las raíces de *L. utilis* poseen propiedades ictiotóxicas, sin embargo, en esta investigación se usaron únicamente las hojas de esta especie para la obtención del extracto bruto, ya que según Torres *et al.* (2013) el extracto obtenido a partir del follaje de barbasco (*Lonchocarpus nicou*) presenta propiedades biocidas, demostrando eficacia para controlar larvas de *Anopheles* sp. Los metabolitos secundarios pueden acumularse en el lugar de la síntesis o pueden ser transportados a otros tejidos u órganos de la planta. En algunos casos su producción se restringe a una etapa específica de desarrollo (por ejemplo, flores, frutos, plántulas, etc.) o a condiciones ecológicas o ambientales (por ejemplo: fitoalexinas después de una herida o ataque microbiano) (Alvarez, 2014).

Para mantener la eficacia del extracto bruto, el material vegetal fue recolectado siempre de un mismo sitio geográfico. En las plantas la calidad y la síntesis de uno o varios metabolitos secundarios son afectados tanto por el ambiente en donde se desarrollan como por los factores genéticos; las dos variables ambientales que más influyen en su producción son los nutrientes del suelo y la intensidad de la luz (Anaya, 2003).

La bibliografía etnobotánica atribuía a las especies vegetales seleccionadas al menos uno de sus usos como insecticida; la única forma de comprobar esta propiedad fue estandarizando la metodología y seleccionado las plagas de insectos idóneas para los bioensayos en laboratorio. Una bioprospección adecuada en base a información etnobotánica y de campo y los bioensayos en laboratorio ayudan a corroborar los diferentes usos potenciales que poseen las plantas y sus estructuras en diferentes etapas fenológicas. Los bioensayos deben ser simples, reproducibles,

rápidos y lo menos costosos posibles. Estos bioensayos se realizan con el extracto bruto o el extracto fraccionado (Alvarez, 2014).

Los bioensayos en laboratorio dieron como resultado que el extracto bruto de las cuatro especies vegetales tuvo un efecto biocida diferente para las dos especies de insectos plaga. Los “barbascos” *Lonchocarpus utilis* y *Clibadium surinamense* no afectaron la supervivencia de *Delia platura*. Para *Neoleucinodes elegantalis* el extracto de *Solanum mammosum* tampoco provocó mortalidad. Sin embargo *Ambrosia arborescens* resultó ser efectiva sobre la supervivencia de las dos plagas.

La especie vegetal que mejor resultados dio al momento de analizar los datos de porcentaje de supervivencia y encontrar la DL_{50} y DL_{90} fue *Lonchocarpus utilis*.

Lonchocarpus utilis

Durante el desarrollo de ésta investigación se evidenció que *L. utilis* es considerado un excelente ictiotóxico por las comunidades indígenas Kichwas del cantón Arajuno, razón por la cual es ampliamente cultivada en sus chakras. En experiencias previas a esta Tesis, en el año 2010, mientras desarrollaba un trabajo con las comunidades Kichwas del Pastaza, fue posible observar el modo de uso de esta planta. Este ictiotóxico natural se obtiene machacando las raíces de este arbusto. Ésta acción produce que las raíces viertan un líquido lechoso, el cual es arrojado al agua de los ríos secundarios y esteros; los meses de verano son ideales para “barbasquear” en estos sitios, pues al bajar los niveles de agua se pueda recolectar con facilidad los peces que flotan.

Uno de los principales compuestos químicos de las plantas ictiotóxicas es la rotenona, y es la que causa depresión respiratoria en los peces, obligándolos a jadear para respirar con las branquias muy abiertas en la superficie del agua, y por consiguiente la muerte. El veneno también es altamente tóxico para los insectos (Van Andel, 2000).

Durante los bioensayos con *Neoleucinodes elegantalis*, fue revelador observar como la mariposa absorbía el extracto con su espiritrompa; después se echaba

hacia atrás con las patas arriba, se quedaba convulsionando y pataleando fuertemente, hasta permanecer totalmente inmóvil con la espiritrompa desenrollada hacia afuera; este comportamiento lo mostraba al ingerir extractos de *Lonchocarpus utilis*, *Clibadium surinamense* y *Ambrosia arborescens*. El lapso de tiempo entre ingerir estos extractos hasta quedar totalmente inmóvil fue de 20 segundos. La rotenona es un insecticida botánico, considerado un "veneno de ingestión" porque debe ser ingerido para ser eficaz (Isman, 2006; Shivanandappa y Rajashekar, 2014). La rotenona es un veneno mitocondrial, que bloquea la cadena de transporte de electrones y evita la producción de energía (Hollingworth *et al.*, 1994). Este compuesto es un poderoso inhibidor de la respiración celular en los insectos y ejerce sus efectos tóxicos principalmente en las células nerviosas y musculares; dosis muy altas pueden causar convulsiones seguidas de muerte por parálisis respiratoria y colapso circulatorio (Shivanandappa y Rajashekar, 2014).

La rotenona se ha utilizado como insecticida y acaricida en formulaciones de polvo y cebo en cultivos hortícolas contra orugas, pulgones, trips y ácaros (Pavela, 2014). Como insecticida agrícola, el uso de rotenona se limita a la producción de alimentos orgánicos (Isman, 2006). La rotenona es uno de los varios isoflavonoides producidos en las raíces o rizomas de las leguminosas tropicales *Derris*, *Lonchocarpus* y *Tephrosia*. La mayor parte de la rotenona utilizada proviene de *Lonchocarpus* cultivado en Venezuela y Perú y es comúnmente llamado raíz de cubé (Isman, 2006).

Clibadium surinamense

También es usada como ictiotóxico (Rios *et al.*, 2007). El método de preparación es igual que *Lonchocarpus utilis*, sin embargo para esta especie lo que se usa son sus hojas. Los Kichwas de Arajuno lo usan para pescar y afirman incluso que es mucho más fuerte que *Lonchocarpus utilis*, ya que el tiempo en hacer efecto, sobre la mortalidad en los peces es mucho menor. Se ha demostrado que el tratamiento oral en ratones con el extracto etanólico de las hojas de *Clibadium surinamense* con dosis superiores a 250 mg/kg ha inducido convulsiones tónico-clónicas

generalizadas seguida de muerte en menos de treinta minutos después de su administración (Vanderlinde y Costa, 1995).

En otro estudio se caracterizó el efecto convulsivo del extracto hexánico de los tallos y hojas de *Clibadium surinamense* en ratones y mediante purificación se identificó el principio activo y su mecanismo de acción. Se identificó al acetato de cunaniol como el compuesto activo principal, el cual inhibe la transmisión GABAérgica, afectando el sistema nervioso y siendo el responsable de los efectos convulsivos en ratones (Costa *et al.*, 2006)

Solanum mammosum

Durante el desarrollo de trabajo de campo, se observó que las comunidades Kichwas de la parroquia de Arajuno usan de manera frecuente el fruto de *S. mammosum*, este es cortado en pequeños trozos y esparcido en los gallineros con el fin de evitar que invertebrados como piojos, cucarachas y otros insectos ataquen a las aves de corral, básicamente es considerado por estas comunidades como un potente insecticida. El fruto de *Solanum mammosum* es conocido por su capacidad para sintetizar y acumular solasodina (alcaloide) (Telek, 1977; Telek *et al.*, 1977; Welman, 2003). Los alcaloides son tóxicos y muchos de ellos pueden ser utilizados como narcóticos. Son productos metabólicos en plantas, animales y microorganismos. Todos los alcaloides son neurotransmisores y agentes activos en el sistema nervioso (Aniszewski, 2015).

La concentración máxima de solasodina está presente en la pulpa interna del fruto de *Solanum mammosum*, cuando este empieza a madurar y el fruto verde comienza a tornarse de un color amarillo difuso, y disminuye rápidamente a medida que progresa la maduración y el amarillamiento (Telek *et al.*, 1977; Nee, 1991; Ravindran y Nandakumar, 2015).

Probablemente, el que durante los bioensayos realizados en esta investigación con el rango de dosis probadas para *Delia platura* no hayan alcanzado la DL₉₀ a pesar de que los estudios etnobotánicos atribuyen a este fruto un amplio uso veterinario y

altamente eficaz contra hongos, parásitos de las aves de corral e insectos, puede deberse al hecho de que los frutos recolectados para la obtención del extracto, no tenían el estado de madurez ideal, lo que hubiese influenciado en obtener un extracto mucho más efectivo contra la plaga de insecto probada.

Keeler *et al.* (1976) a partir de experimentos en los cuales administraban diferentes dosis de solasodina a hámsters hembras en estado gestacional establecieron que es teratogénica, ya que los fetos resultaron con deformidades como espina bífida, exencefalia y ampolla craneal. En otro estudio realizado por Crawford y Kocan (1993), probaron la toxicidad de los alcaloides esteroideos de la papa (*Solanum tuberosum*), como la α -chaconina, α -solanina, solanidina, solasodina y la jervina alcaloide de *Veratrum* (Melanthiaceae), en los embriones de dos especies de peces, el pez-arroz japonés o medaka (*Oryzias latipes*) y la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Los resultados demostraron que la trucha arco iris presentó una respuesta tóxica a la α -chaconina, la solasodina y la solanina, mientras que el medaka sólo lo hizo con la α -chaconina y la solanina. La mortalidad de embriones se observó como un efecto de toxicidad en ambas especies, evidenciando que estos alcaloides son bioagentes activos en tejidos animales.

Resulta interesante que el extracto de *Solanum mammosum*, únicamente haya sido efectivo para *Delia platura* con una DL_{50} (48 g L^{-1}), mientras que para *Neoleucinodes elegantalis*, no se obtuvo ningún resultado sobre su mortalidad. Esto puede deberse a que las larvas de *Neoleucinodes elegantalis* se alimentan del mesocarpio del fruto pequeño de naranjilla *Solanum quitoense* (Solanaceae), cuando aún está inmaduro (Muñoz *et al.*, 1991; Díaz, 2013; Noboa, 2015); este fruto en desarrollo también contiene alcaloides de espirosolano (Keeler *et al.*, 1990). Cuando es adulto tampoco los alcaloides de *Solanum mammosum* afectan su supervivencia aparentemente, sugiriendo que los alcaloides de estas dos especies del género *Solanum* no tiene ningún efecto mortal sobre la larva ni el adulto de ésta polilla.

Con respecto a *Delia platura* el resultado con *Solanum mammosum* fue muy

positivo. Esta mosca se alimenta en su estadio larval de las semillas de *Lupinus mutabilis*. En la familia de plantas de leguminosas (Fabaceae Juss.) se producen los alcaloides derivados de L-ornitina, L-lisina y L-triptófano. Los alcaloides más típicos de esta familia botánica son los derivados de L-lisina que es un precursor de la piperidina, quinolizidina y alcaloides de indolizidina. Los alcaloides de quinolizidina se encuentran en el gran y muy diverso género *Lupinus* (*Lupinus* L.) (Aniszewski, 2015). El principal obstáculo para una utilización más amplia del altramuz andino en nutrición es su alto contenido de alcaloides de quinolizidina amarga y venenosa (Hatzold *et al.*, 1983; Villacrés *et al.*, 2009; Berti *et al.*, 2013). Las concentraciones más altas de este alcaloide están presentes usualmente en las semillas maduras de *Lupinus* (Wink, 1987; Villacrés *et al.*, 2013), razón por la cual para ser consumido por el hombre debe ser cocinado, remojado y sometido a continuos lavados durante varios días, hasta que el sabor amargo desaparezca. Los alcaloides de quinolizidina no son tóxicos para la mayoría de herbívoros (Aniszewski, 2015), y aparentemente tampoco para las larvas de *Delia platura*; sin embargo el extracto de *Solanum mammosum*, con gran contenido del alcaloide solasodina si afectó la supervivencia del estadio adulto ésta plaga.

El hecho de que estos alcaloides actúen de diferente forma en cada estadio de desarrollo de las plagas probadas, podría explicarse desde la evolución y las interacciones coevolutivas entre las plantas y los insectos. Los alcaloides son moléculas desarrolladas en procesos coevolutivos con el medio ambiente. La capacidad de usar algunos alcaloides por parte de algunos insectos es una consecuencia de esto (Aniszewski, 2015).

Ambrosia arborescens

Los metabolitos secundarios aislados de Asteráceas son muy diversos. Se han encontrado algunos flavonoides y aceites volátiles muy comunes en casi todas las especies (Seaman *et al.*, 1990; Bohm y Stuessy, 2001). Sin embargo, esta familia posee la característica principal de contener lactonas sesquiterpénicas, un tipo de compuesto químico terpenoide. Estas sustancias son muy diversas en esta familia y

son consideradas como un marcador quimiotaxonómico muy útil (Seaman, 1982). Las lactonas sesquiterpénicas actúan como reguladores del crecimiento de las plantas y son responsables de sus propiedades alelopáticas. Las diversas actividades que poseen sugieren su importancia evolutiva en las plantas como elementos disuasivos contra herbívoros y agentes alelopáticos, antifúngicos y antibacterianos. También se conoce que muchas de estas son tóxicas para los parásitos, insectos y vertebrados humanos y animales (Picman, 1986; Cheng *et al.*, 2007).

El motor de muchas investigaciones fitoquímicas es el descubrimiento de nuevos compuestos biológicamente activos para usos medicinales o agrícolas. Por lo tanto, los ensayos biológicos deben realizarse para identificar extractos de plantas prometedores, guiar la separación y el aislamiento, y evaluar compuestos (Setzer y Vogler, 2006).

La extracción y aislamiento de los metabolitos secundarios de las hojas de *Ambrosia arborescens*, dieron como resultado cuatro sustancias químicas (Damsin, Cordilin, Coronopilin y Psilostachyin C), pertenecientes a las lactonas sesquiterpénicas. De todas estas sustancias la que en mayor cantidad se encontró fue Cordilin (365 mg) seguida de Psilostachyin C (321 mg).

Las lactonas sesquiterpénicas se presentan predominantemente en los tejidos que son más atractivos para los herbívoros, como las hojas, brácteas y aquenios, y pueden encontrarse en tricomas glandulares o en el exudado que cubre la superficie de estos órganos. Aunque la cantidad de lactonas sesquiterpénicas varía, es común que sean sintetizadas por *Ambrosia*, *Artemisia*, *Parthenium*, *Vernonia* y otros géneros en concentraciones de uno a varios porcientos del peso seco de la planta. Por lo tanto, la síntesis de estas sustancias puede ser una inversión importante en términos de gasto energético de la planta (Seaman, 1982).

Las lactonas sesquiterpénicas son conocidas principalmente en la familia Asteraceae donde son diversas y taxonómicamente útiles. Estudios fitoquímicos de *Ambrosia* y especies relacionadas han demostrado que las lactonas

sesquiterpénicas son caracteres taxonómicos útiles en varios niveles dentro de la subtribu Ambrosiinae de Heliantheae (Seaman, 1982).

Del género *Ambrosia* (Familia: Asteraceae, Tribu: Heliantheae, Subtribu: Ambrosiinae) se ha estudiado químicamente algunas especies, entre las cuales se encuentra, *Ambrosia maritima* herbácea de zonas costeras húmedas y de las cuencas fluviales del continente africano (Bruneton, 2001), y de la cual Abu-Shady y Soine (1953) aislaron dos lactonas damsín y ambrosina, mismas que fueron extraídas de sus flores.

Compuestos aislados de *Ambrosia marítima* fueron probados contra *Biomphalaria alexandrina* y *Bulinus truncatus*, dos caracoles vectores (reservorios naturales del tremátodo *Schistosoma mansoni*) de la enfermedad parasitaria conocida como esquistosomiasis. Encontrándose que aunque Damsín fue hasta cierto punto más tóxico contra *B. alexandrina* que los otros compuestos, fue menos tóxico contra *B. truncatus* después de 24 horas de exposición (Shoeb y El-Emam, 1976).

El polvo seco de *Ambrosia maritima* (tallos, hojas y flores) disuelto en agua a diferentes concentraciones, fue probado sobre *Lymnaea cailliaudi* (caracol de agua dulce y huésped intermedio tanto de *Fasciola hepatica* como de *Fasciola gigantica*); la tasa de mortalidad aumentó a medida que se incrementaba la concentración y el tiempo de exposición, *A. maritima* fue letal (100% mortalidad) a una concentración de 3.000 mg/L después de un día y con 100 mg/L después de 14 días (Abou *et.al*, 1994).

Se evaluó la toxicidad de la planta molusquicida *Ambrosia maritima* frente a *Anopheles stephensi* y *Aedes aegypti*. Las hojas convertidas en polvo se aplicó en la superficie del agua, donde se encontraban larvas de *A. stephensi* y *A. aegypti*, hasta el 38% de estas murieron a una concentración de 2000 mg/l. Adicionalmente no se observó efecto inhibitorio sobre el crecimiento larval de ambas especies (Geerts *et. al*, 1994).

Otras lactonas también importantes del género *Artemisia* (Familia: Asteraceae, Tribu: Anthemideae, Subtribu: Artemisiinae) considerada antiparasitaria, es la artemisinina cuyo ingrediente activo fue aislado de *Artemisia annua* L., hoy es un antimalárico potente y eficaz, especialmente en combinación con otros medicamentos (Briellmann *et al.*, 2006). En este mismo grupo se encuentra la santonina su principio activo fue aislado de los capítulos florales de *Artemisia cina* O. Berg ex Poljakov, esta fue prescrita durante mucho tiempo como nematocida, se ha dejado de utilizar debido a su toxicidad nada despreciable (trastornos gastrointestinales y visuales, cefaleas, vértigos) (Bruneton, 2001).

De las sustancias aisladas de *Ambrosia arborescens*, Coronopilin es considerada una molécula quimioterapéutica prometedora por su efectividad contra las células leucémicas, que tiene baja toxicidad para los glóbulos blancos normales; además, está empezando a ser considerada una molécula interesante para desarrollar mediante enfoques de química medicinal, nuevas moléculas pequeñas como agentes antileucémicos (De Leo *et al.*, 2010; Cotugno *et al.*, 2012). Los terpenoides son fuentes importantes para el descubrimiento de fármacos. En concreto, damsín y coronopilin, dos de las lactonas sesquiterpénicas aisladas de *Ambrosia arborescens*, se usaron para probar sus efectos anticancerígenos en cultivos celulares, inhibiendo la proliferación celular, siendo damsín más potente que Coronopilin (Villagomez *et al.*, 2013).

Otros estudios en los que se ha probado la actividad biológica de Coronopilin muestran mortalidad sobre insectos. Es así que lactonas sesquiterpénicas, cuatro pseudoguaianolidas, parthenin, helenalin, coronopilin (aislado de *Parthenium hysterophorus*) y tenulin, fueron probados sobre el escarabajo *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), la tenulina no tuvo un efecto significativo en las concentraciones ensayadas, pero los otros tres compuestos redujeron significativamente la supervivencia de los escarabajos (Picman A. y Picman J., 1984).

En otro estudio fueron probadas otras pseudoguaianolidas (parthenin, tetraneurin-A, coronopilin y confertin) con el saltamontes migratorio *Melanoplus*

sanguinipes (Acrididae). Estas sustancias fueron inyectadas en la parte lateral, entre los tergos abdominales tres y cuatro del insecto produciendo una mortalidad de 40-90%, siendo la partenina la más tóxica. Por el contrario, este insecto toleraba la aplicación tópica o la ingestión de estas lactonas sin efectos aparentes (Isman, 1985).

Con Philostachyin C se realizó un estudio en el que se investigó la actividad antiprotozoaria. Este compuesto natural se aisló de *Ambrosia scabra* y se probó su acción *in vitro* contra epimastigotas, tripomastigotes y amastigotes de *Trypanosoma cruzi*. En un bioensayo *in vivo*, se encontró una reducción significativa en el número de parásitos circulantes en ratones infectados con *T. cruzi* tratados con Philostachyin C durante cinco días en comparación con ratones no tratados. De acuerdo con estos resultados, este compuesto puede considerarse un modelo prometedor para el diseño de nuevos agentes tripanocidas. Adicionalmente se probó también Philostachyin C en promastigotes de *Leishmania mexicana* y *Leishmania amazonensis* observándose la inhibición en su crecimiento (Sülßen *et al.*, 2011).

Las plantas tienen respuestas de defensa directa e indirecta cuando son atacadas por herbívoros o infectadas por patógenos fúngicos y bacterianos. Las defensas directas incluyen estructuras físicas, como tricomas y espinas, y la acumulación de compuestos químicos o bioquímicos que tienen actividades antibióticas o tóxicas. Las fitoalexinas son compuestos de bajo peso molecular que se producen como parte del sistema de defensa de las plantas. En muchas especies de plantas, los diterpenos y sesquiterpenos actúan como fitoalexinas (Cheng *et al.*, 2007).

Definitivamente, una mejor comprensión de los mecanismos de defensa de las plantas será beneficiosa para la agricultura. Es importante prestar más atención al estudio de los terpenoides y las fitoalexinas que participan en las respuestas de defensa de las plantas, y al aislamiento de nuevos metabolitos secundarios que se pueden usar para controlar plagas, patógenos y malezas. Elucidar las vías biosintéticas y los mecanismos reguladores de los terpenoides de las plantas y

diseccionar el papel de sus metabolitos secundarios en un ecosistema proporcionará una novedosa visión del desarrollo sostenible de la agricultura y el medio ambiente (Cheng *et al.*, 2007).

CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES

1. Cuatro especies de plantas *Lonchocarpus utilis*, *Ambrosia arborescens*, *Solanum mammosum* y *Clibadium surinamense*, tienen acción biocida sobre los insectos plaga *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura*.
2. De todas las especies vegetales probadas, *Ambrosia arborescens* ejerce control sobre las dos plagas de insectos *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura*.
3. El extracto vegetal de *Solanum mammosum* sólo muestra control sobre *Delia platura*.
4. Los extractos vegetales de los “barbascos” *Lonchocarpus utilis* y *Clibadium surinamense* sólo muestran control sobre *Neoleucinodes elegantalis*.
5. De las cuatro especies vegetales, *Lonchocarpus utilis* “barbasco de raíz” demostró tener la más baja DL_{50} y DL_{90} , siendo por tanto el más efectivo, aunque sólo con *Neoleucinodes elegantalis*.
6. La etnobotánica constituye una excelente aliada, ya que esta información más la que se puede obtener en campo de las personas autóctonas es fundamental para iniciar una investigación sobre actividad biológica en plantas.
7. Los aspectos etológicos de los insectos, como *Spodoptera frugiperda* (larva) y *Premnotrypes vorax* (adulto), no permiten hacer bioensayos con extractos vegetales.
8. La metodología aplicada en esta investigación es perfectamente reproducible, pudiendo ser usada para probar con otras plagas de insectos en particular del orden *Diptera* y *Lepidoptera*.

9. La metodología usada en esta investigación para el manteniendo de los insectos plaga facilita que exista un bajo índice de mortalidad, en especial en el estado de pupa. En particular, para pupas de *Delia platura* se debe omitir el uso de tierra como sustrato, ya que es susceptible al ataque de hongos impidiendo su desarrollo.
10. Las especies vegetales seleccionadas para esta investigación presentan un amplio patrón de uso, por lo cual es necesario probar su verdadera efectividad a través de bioensayos en laboratorio y aislando sus compuestos activos mediante Fitoquímica. Esta investigación constituye el primer paso al desarrollo de nuevos bioinsecticidas.
11. Se debe considerar la realización de bioensayos en laboratorio con los compuestos aislados de *Ambrosia arborescens*, con las mismas plagas de insectos usadas en esta investigación y otras plagas de insectos (particularmente del Orden *Diptera* y *Lepidoptera*), para determinar su potencial desarrollo de nuevos productos para la agricultura orgánica.
12. Debido a la actividad biológica que poseen los compuestos aislados de *Ambrosia arborescens*, se debe considerar probarlo también en la investigación médica.
13. Las técnicas de control de plagas de insectos desarrolladas en esta investigación, pueden perfectamente ser aplicadas dentro del Manejo Integrado de Plagas MIP, para los cultivos orgánicos que son atacados por *Neoleucinodes elegantalis* y *Delia platura*.
14. Siendo Ecuador un país en vías de desarrollo, en donde las instalaciones y la financiación para la investigación aún son consideradas como limitaciones, los resultados de esta investigación contribuyen a ampliar el conocimiento acerca de las plantas y sus potenciales usos, teniendo en cuenta que Ecuador es considerado uno de los países más biodiversos en el mundo.

CAPÍTULO 6.

BIBLIOGRAFÍA

Abou, B. L., El Sayad, M. H., Allam, A. F. & Osman, M. M. (1994). The effect of *ambrosia maritima* (damsissa) on the viability of *Lymnaea cailliaudi*; an experimental study. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 24(3), 513-517.

Abu-Shady, H. & Soine, T. O. (1953). The chemistry of *Ambrosia maritima* L. I. The Isolation and Preliminary Characterization of Ambrosin and Damsin. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 42(7), 387-395.

Alonso, O. (1999). Los insecticidas botánicos: una opción ecológica para el control de plagas. *Pastos y Forrajes*, 22(1), 1-16.

Alvarez, M. A. (2014). *Plant Biotechnology for Health: From Secondary Metabolites to Molecular Farming*. Springer.

Anaya, A. L. (2003). *Ecología química*. México: Plaza y Valdés.

Aniszewski, T. (2015). *Alkaloids: Chemistry, Biology, Ecology, and Applications*. Elsevier.

Asaquibay, C., Gallegos, P., Arroyo, M., Willians, R. & Alwang, J. (2009). Comportamiento y alternativas de control del gusano del fruto de la naranjilla (*Neoleucinodes elegantalis* Guenée). Boletín Divulgativo de la Estación Experimental Santa Catalina, 347, 1-16.

Auger, J. & Thibout, E. (2004). *Sustancias azufradas de los Allium y de las crucíferas: potencial fitosanitario*. En: C. Regnault-Roger., B.J.R. Philogene & C. Vincent (Eds.). Biopesticidas de origen vegetal (pp. 77-96). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Berti, P. R., Villacrés, E., Segovia, G., Mazón, N. & Peralta, E. (2013). *Lupinus mutabilis* Sweet, a traditional Ecuadorian grain: Fatty acid composition, use in the Ecuadorian food system, and potential for reducing malnutrition. *Journal of Agricultural Science*, 2(6), 153-159.

Bianco, C. A., Nuñez, C. O. & Kraus, T. A. (2000). *Identificación de frutos y semillas de las principales malezas del centro de la Argentina*. Editorial de la Fundación Universidad Nacional de Río Cuarto.

Blanco, J. G., Gil, R. R., Alvarez, C. I., Patrino, L. C., Genti-Raimondi, S. & Flury, A. (1997). A novel activity for a group of sesquiterpene lactones: inhibition of aromatase. *FEBS letters*, 409(3), 396-400.

Bohm, B. A. & Stuessy, T. F. (2001). *Flavonoids of the sunflower family (Asteraceae)*. Springer.

Briellmann, H.L., Setzer, W.N., Kaufman, P.B., Kirakosyan. A. & Cseke, L.J. (2006). *Phytochemicals: The Chemical Components of Plants*. En: L.J. Cseke., A. Kirakosyan., P.B. Kaufman., S.L. Warber., J. A. Duke. & H. L. Briellmann. Natural products from plants (pp. 2-42). Florida: CRC press.

Bruneton, J. (2001). *Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas Medicinales*. 2da. Edición. Zaragoza: Acribia. S.A.

Burnie, G., Forrester, S., Greig, D., Guest, S., Harmony, M., Hobley, S., *et al.* (2006). *Botánica: Guía ilustrada de plantas más de 10.000 especies de la A a la Z y como cultivarlas*. Barcelona: Könemann.

Caicedo, C., Peralta, E., Villacrés, E. & Rivera, M. (2001). Poscosecha y Mercado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador. Boletín Técnico de la Estación Experimental Santa Catalina, 105, 1-39.

Cerón, C.E. (1995). *Etnobiología de los Cofanes de Dureno*. Quito: Abya Yala

Cerón, C.E. & Montalvo, C. (1998). *Etnobotánica de los Huaorani de Quehueiri-ono Napo-Ecuador*. Quito: Abya-Yala.

Cerón, C.E., Reyes, C.I., Montalvo, C. & Vargas L.M. (2007). *La cuenca alta del río Oglán, Pastaza-Ecuador, diversidad, ecología y flora*. Quito: Editorial Universitaria.

Cerón, C.E., Reyes, C.I., Jiménez E.D. & Simba J.D. (2012). Plantas útiles de los Kichwa, Centro-Norte de la Amazonía Ecuatoriana. *Cinchonia*, 12(1), 22-202.

Cheng, A. X., Lou, Y. G., Mao, Y. B., Lu, S., Wang, L. J. & Chen, X. Y. (2007). Plant terpenoids: biosynthesis and ecological functions. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(2), 179-186.

Chevallier, A. (1997). *Enciclopedia de plantas medicinales*. Madrid: Acento Editorial.

Córdova, D. (2001). *Toxicología*. Cuarta edición. México: Manual Moderno.

Costa, E. A., Rocha, F. F., Torres, M. L. B., Souccar, C., De Lima, T. C., Lapa, A. J. & Lima-Landman, M. T. R. (2006). Behavioral effects of a neurotoxic compound isolated from *Clibadium surinamense* L (Asteraceae). *Neurotoxicology and teratology*, 28(3), 349-353.

Cotugno, R., Fortunato, R., Santoro, A., Gallotta, D., Braca, A., De Tommasi, N. & Belisario, M. A. (2012). Effect of sesquiterpene lactone coronopilin on leukaemia cell population growth, cell type-specific induction of apoptosis and mitotic catastrophe. *Cell proliferation*, 45(1), 53-65.

Crawford, L. & Kocan, R. M. (1993). Steroidal alkaloid toxicity to fish embryos. *Toxicology letters*, 66(2), 175-181.

Cseke, L. J., Kirakosyan, A., Kaufman, P. B., Warber, S.L., Duke, J. A. & Briemann, H. L. (2006a). *Natural products from plants*. Florida: CRC press.

Cseke, L.J., Setzer, W.N., Vogler, B., Kirakosyan, A. & Kaufman, P.B. (2006b). *Traditional, Analytical, and Preparative Separations of Natural Products*. En: L.J. Cseke., A. Kirakosyan., P.B. Kaufman., S.L. Warber., J. A. Duke. & H. L. Briemann. *Natural products from plants* (pp. 264-313). Florida: CRC press.

de la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, M., Macía M.J. & Balslev, H (Eds). (2008a). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Quito & Aarhus: Herbario QCA & Herbario AAU.

de la Torre, L. & Balslev, H. (2008). *La diversidad cultural del Ecuador*. En: L. de la Torre., H. Navarrete., P. Muriel M., M. J. Macía & H. Balslev (Eds.), *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador* (pp. 39-52). Quito & Aarhus: Herbario QCA & Herbario AAU.

de la Torre, L. & Macía, M. J. (2008). *La etnobotánica en el Ecuador*. En: L. de la Torre., H. Navarrete., P. Muriel M., M. J. Macía & H. Balslev (Eds.), *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador* (pp. 13-27). Quito & Aarhus: Herbario QCA & Herbario AAU.

de la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. J. & Balslev, H. (2008b). *Resultados*. En: L. de la Torre., H. Navarrete., P. Muriel M., M. J. Macía & H. Balslev (Eds.), *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador* (pp. 8-12). Quito & Aarhus: Herbario QCA & Herbario AAU.

De Leo, M., Saltos, M. B. V., Puente, B. F. N., De Tommasi, N. & Braca, A. (2010). Sesquiterpenes and diterpenes from *Ambrosia arborescens*. *Phytochemistry*, 71(7), 804-809.

Díaz, A.E. (2009). Caracterización morfológica de poblaciones del perforador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) asociadas a

especies solanáceas cultivadas y silvestres en Colombia. Tesis de postgrado. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Facultad de Agronomía. Bogotá, Colombia.

Díaz, A. E. (2013). Manejo integrado del gusano perforador de fruto del lulo y tomate de árbol. Boletín Técnico de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 1-68.

do Nascimento, F. J., Diniz Filho, E. T., de Mesquita, L. X., de Oliveira, A. M. & Pereira, T. F. C. (2008). Extractos vegetales en el control de plagas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 3(3), 01-05.

Duarte I., Aguirre O., Álvarez J.C., Jiménez, J.A. & Gallego, J. (2009). *Evaluación del potencial larvicida de extractos vegetales de 24 especies de la familia Asteraceae (Compositae) presentes en el Departamento del Quindío frente a larvas de Aedes aegypti (Diptera: Culicidae)* (Informe de Investigación Proyecto N° 372). Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.

Ducrot, P.H. (2004). *Contribución de la química al conocimiento de la actividad biopesticida de los productos naturales de origen vegetal*. En: C. Regnault-Roger., B.J.R. Philogene & C. Vincent (Eds.). *Biopesticidas de origen vegetal* (pp. 53-65). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

Dupont, D. H. & Gokel, G. G. (2007). *Química orgánica experimental*. 1a. Edición. España: Reverté.

Estrada, J. & López, M. (1998). Los bioplaguicidas, tecnología para la agricultura sostenible. 39 p. *Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA)*, Lima, Perú.

Fox, M. A. & Whitesell, J. K. (2000). *Química orgánica*. México: Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.

Freixedas, F. G., Bauzá, A. C. & Söhnle, O. (2000). *Cristalización en disolución: conceptos básicos*. España: Reverté.

Gallegos, P., Asaquibay C., Freire M. & Williams R. (2002). Conozca la forma de alimentación y control del adulto del gusano blanco (*Premnotrypes vorax*) en el cultivo de papa. [Plegable 196]. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Protección Vegetal.

Gallegos, P., Asaquibay, C. & Arroyo, M. (2006). Control del barrenador del fruto de la naranjilla (*Neoleucinodes elegantalis*) mediante productos de baja toxicidad. Informe anual 2006 (pp. 4-9). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento Nacional de Protección Vegetal.

Gallegos, P., Asaquibay, C. & Castillo, C. (2010). Manejo integrado del gusano blanco de la papa *Premnotrypes vorax* H. en el Ecuador. Manual Técnico de la Estación Experimental Santa Catalina, 93, 1-16.

García, H. (1992). *Flora medicinal de Colombia: Botánica médica*. Tomo I. 2a. ed. Bogotá: Tercer Mundo.

Geerts, S., Van Blerk, K. & Triest, L. (1994). Effect of *Ambrosia maritima* on *Anopheles stephensi* and *Aedes aegypti*. *Journal of ethnopharmacology*, 42(1), 7-11.

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural y Plurinacional Arajuno, (GADMIPA). Figuras de portada. De: (<https://es-la.facebook.com/login/>) (12-07-2017)

Goyes, M. (2013). Guía turística del cantón Rumiñahui. [Folleto]. Sangolqui, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui, Dirección de Turismo.

Granados-Sánchez, D., Ruíz-Puga, P. & Barrera-Escorcía, H. (2008). Ecología de la herbivoría. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 14(1), 51-63.

Guerra, P.C., Keil, C.B., Stevenson, P.C., Mina, D., Samaniego, S., Peralta, E.,... Chancellor, T.C.B. (2016). Larval Performance and Adult Attraction of *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae) in a Native and an Introduced Crop. *Horticultural Entomology. Journal of Economic Entomology*, 0(0), 1-6.

Hatzold, T., Elmadfa, I., Gross, R., Wink, M., Hartmann, T. & Witte, L. (1983). Quinolizidine alkaloids in seeds of *Lupinus mutabilis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 31(5), 934-938.

Hellpap, C. (2000). *El desarrollo de un plaguicida botánico. Pasos necesarios*. En: I. Arning & H. Velásquez (Eds.). Plantas con potencial biocida: metodologías y experiencias para su desarrollo (pp. 75-83). Lima: Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA).

Hollingworth, R., Ahmmadsahib, K., Gedelhak, G. & McLaughlin, J.L. (1994). New inhibitors of Complex I of the mitochondrial electron transport chain with activity as pesticides. *Biochemical Society Transactions*, 22(1), 230-233.

Hoss, R. (1999). *Recursos botánicos con potencial biocida: conceptos básicos y métodos de análisis*. Lima: Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA).

Howard, W. L. (1991). Acetone. *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*. New York: John Wiley and Sons.

Iannacone, J. (2000). *La pulga del agua Moina macrocopa y el nemátodo Panagrellus redivivus como modelos alternativos de bioensayos para la detección de sustancias biocidas fisiológicamente activas*. En: I. Arning & H. Velásquez (Eds.). *Plantas con potencial biocida: metodologías y experiencias para su desarrollo* (pp. 13-26). Lima: Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos (RAAA).

Iannacone, J. & Lamas, G. (2002). Efecto de dos extractos botánicos y un insecticida convencional sobre el depredador *Chrysoperla externa*. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65, 92-101.

Iannacone, J. & Lamas, G. (2003a). Plantas biocidas usadas en el control de la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista peruana de Entomología*, 43, 79-87.

Iannacone, J. & Lamas, G. (2003b). Efecto insecticida de cuatro extractos botánicos y del cartap sobre la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), en el Perú. *Entomotropica*, 18(2), 95-105.

Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGM). (2013). Mapa División Política y Administrativa (provincias y parroquias rurales). Esc. 1:500 000. 1 h. Color. En: Atlas Geográfico de la República del Ecuador, 2da edición. (Mapas Contextos Históricos y Políticos generales). Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador, (SENPLADES). (goo.gl/qyleN5) (10-11-2016)

Instituto Nacional de Estadística y Censos Ecuador, INEC. (2010). Fascículo Provincial Cotopaxi. (goo.gl/srXDHn) (10-11-2016)

Instituto Nacional de Estadística y Censos Ecuador, INEC. (2010). Fascículo Provincial Napo. (goo.gl/iLHXg3) (10-11-2016)

Instituto Nacional de Estadística y Censos Ecuador, INEC. (2010). Fascículo Provincial Pastaza. (goo.gl/VDASra) (10-11-2016)

Instituto Nacional de Estadística y Censos Ecuador, INEC. (2010). Fascículo Provincial Pichincha. (goo.gl/9S0NI8) (10-11-2016)

Instituto Nacional de Estadística y Censos Ecuador, INEC. (2010). Población, superficie (km²), densidad poblacional a nivel parroquial. (goo.gl/FHllnA) (10-11-2016)

Isman, M. B. (1985). Toxicity and tolerance of sesquiterpene lactones in the migratory grasshopper, *Melanoplus sanguinipes* (Acrididae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 24(3), 348-354.

Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51, 45-66.

Jaramillo, T. (2013). *Plantas Nativas de la Hoya de Quito*. (goo.gl/7qO3El) (08-11-2016)

Jørgensen, P. M. & León-Yáñez, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador* (Vol. 75). St. Louis: Missouri Botanical Garden Press.

Keeler, R. F., Young, S. & Brown, D. (1976). Spina bifida, exencephaly, and cranial bleb produced in hamsters by the *Solanum* alkaloid solasodine. *Research communications in chemical pathology and pharmacology*, 13(4), 723-730.

Keeler, R. F., Baker, D. C. & Gaffield, W. (1990). Spirosolane-containing *Solanum* species and induction of congenital craniofacial malformations. *Toxicon*, 28(8), 873-884.

Kvist, L.P. & Alarcón, D. (2008). *Plantas tóxicas*. En: L. de la Torre., H. Navarrete., P. Muriel M., M. J. Macía & H. Balslev (Eds.), *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador* (pp. 99-104). Quito & Aarhus: Herbario QCA & Herbario AAU.

Lee, C. C. (Ed.). (2005). *Environmental engineering dictionary*. Government Institutes.

Lomas, L., Mazón, N., Rivera, M. & Peralta, E. (2012). Cuantificación del daño y alternativas para el control de la mosca de la semilla (*Delia platura* Meigen) en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), en Ecuador. (goo.gl/YwMSR8) (10-10-2016)

Macbride, J. F. (1956). Flora of Peru. *Botanical Series, Field Museum of Natural History*, 13(Pt. 3A, No. 2), 330-332.

Macía, J.M. & de la Torre L. (2008). *Los usos de las plantas para la obtención de materiales*. En: L. de la Torre., H. Navarrete., P. Muriel M., M. J. Macía & H. Balslev (Eds.), *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador* (pp. 86-93). Quito & Aarhus: Herbario QCA & Herbario AAU.

Marco, J. A. 2006. *Química de los productos naturales: Aspectos fundamentales del metabolismo secundario*. Madrid: Síntesis.

McMurry, J. (2001). *Química Orgánica*. Quinta Edición. México: Editorial Thomson Editores S.A.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca Ecuador, MAGAP. (2012). III Censo Nacional Agropecuario. (goo.gl/Uo2vhE) (10-11-2016)

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca Ecuador, MAGAP. (2014). Boletín Situacional Brócoli. (goo.gl/Wo5llv) (10-11-2016)

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2013). Plan de Manejo del Parque Nacional Sumaco – Napo Galeras. (goo.gl/QJlly) (10-11-2016)

Muñoz, E., Serrano, A., Pulido, J. I. & De la Cruz, J. (1991). Ciclo de vida, hábitos y enemigos naturales de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854), (Lepidoptera: Pyralidae), pasador del fruto del lulo *Solanum quitoense* Lam. en el Valle del Cauca. *Acta Agronomica*, 41(1-4), 99-104.

Morales, P., Noguera, Y., Escalona, E., Fonseca, O., Rosales, C., Salas, B., Ramos, F., Sandoval, E. & Cabañas W. (2010). Sobrevivencia larval de *Spodoptera frugiperda* Smith con dietas artificiales bajo condiciones de laboratorio. *Agronomía Tropical*, 60(4), 375-80.

Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R. & Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas: Una opción para el Control Biológico de Plagas. *Ra Ximhai*, 8 (3), 17-29.

Nee, M. (1991). Synopsis of *Solanum* Section Acanthophora: A group of interest for glycoalkaloids. *Solanaceae III, Taxonomy, Chemistry, Evolution*, 257-266.

Neill, D. A. & C. Ulloa U. (2011). *Adiciones a la Flora del Ecuador: Segundo Suplemento, 2005-2010*. Quito: Fundación Jatun Sacha.

Noboa, M. (2015). Caracterización morfológica de la biodiversidad del barrenador del fruto *Neoleucinodes elegantalis* (Gueneé) en el cultivo de naranjilla *solanum quitoense* en diez localidades (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Oleas N.H., Ríos-Touma, B., Peña, P. & Bustamante, M. (2016). *Plantas de las quebradas de Quito: Guía Práctica de Identificación de Plantas de Ribera*. Universidad Tecnológica Indoamérica, Secretaría de Ambiente del DMQ, Fondo Ambiental del DMQ y FONAG. Serie de Publicaciones Científicas. Universidad Tecnológica Indoamérica. Publicación No. 2, 132 pp.

Ortega, A. (1987). Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. (goo.gl/sqeRgm) (20-11-2016)

Padilla, I. & Asanza, M. (2002). *Árboles y Arbustos de Quito*. Quito: Herbario Nacional del Ecuador QCNE.

Pavela, R. (2014). *Limitation of plant biopesticides*. En: D. Singh (Ed.), *Advances in Plant Biopesticides* (pp. 347-360). Springer.

Pazmiño, O., Flores, M., Vallejo, M. J., Iturra, F., Ramón, P. & Medina, L. (2015). Estudio sobre Residuos de Plaguicidas en Brócoli de Exportación y Consumo Nacional. *Ecuador es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 2(2), 43-49.

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A. & Rodríguez, D. (2014). Manual agrícola de granos andinos: Chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades, costos de producción. Cuarta edición. Publicación Miscelánea de la Estación Experimental Santa Catalina, 69, 1-34.

Pérez, A.J., Hernández, C., Romero-Saltos, H. & Valencia, R. (2014). *Árboles emblemáticos de Yasuní, Ecuador*. Quito: Publicaciones del Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Picman, A. K. & Picman, J. (1984). Effect of Selected Pseudoguaianolides on Survival of the Flour Beetle, *Tribolium confusum*. *Biochemical systematics and ecology*, 12(1), 89-93.

Picman, A. K. (1986). Biological Activities of Sesquiterpene Lactones. *Biochemical Systematics and Ecology*, 14(3), 255-281.

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Arajuno 2011–2025, PDYOT. (2011). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Arajuno. Arajuno, Pastaza.

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Pichincha 2025, PDYOT. (2011). Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pichincha. (goo.gl/6h8rAH) (10-11-2016)

Plan Metropolitano de Ordenamiento Territorial 2012-2022, PMOT. (2012). Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (goo.gl/KzfVjQ) (10-11-2016)

Plan de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Pastaza 2025 Actualización 2012, POTP. (2012). Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Pastaza. (goo.gl/vo5MiZ) (10-11-2016)

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia de San José de Poaló Visión: 2012 a 2022, PDYOT. (2012). Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San José de Poaló. (goo.gl/KAzE2e) (10-11-2016)

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui 2012-2025 Actualización 2014–2019, Parte 1, PDYOT. (2014). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Rumiñahui. (goo.gl/ja7swu) (10-11-2016)

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025 Versión: Sep-23-2015, PDYOT. (2015). Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi. (goo.gl/qO0qSQ) (10-11-2016)

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Panzaleo 2015, PDYOT. (2015). Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de Panzaleo. (goo.gl/rTPSz1) (10-11-2016)

Quintana M., C. 2013. *Plantas silvestres de los Valles Secos cercanos a Quito*. Quito: Publicaciones del Herbario QCA, PUCE.

Ravindran, C. P. & Nandakumar, S. (2015). Metabolic pathway of solasodine synthesis in *Solanum mammosum* L. fruits. *International Journal of Innovative Research and Development*, 4(6), 150-156.

Repetto. M. (2005). *Ampliación de Toxicología de Postgrado*. Módulo VII. Plantas tóxicas, aspectos botánicos, farmacognósticos y toxicológicos (p. 308). España: Ediciones Área de Toxicología.

Repetto, M. & Repetto, G. (2009). *Toxicología fundamental*. España: Ediciones Díaz de Santos.

Revelo, J., Viteri, P., Vásquez, W., Valverde, F., León, J. & Gallegos, P. (2010). Manual del cultivo ecológico de la Naranjilla. Manual Técnico de la Estación Experimental Santa Catalina, 77, 73-94.

Rios, M., Koziol, M. J., Borgtoft Pedersen, H. & Granda, G (Eds.). (2007). *Plantas útiles del Ecuador: Aplicaciones, retos y perspectivas/Useful plants of Ecuador: Applications, challenges, and perspectives*. Quito: Abya-Yala.

Rios, M. (2007). *La etnobotánica en el Ecuador: síntesis, retos y perspectivas*. En: M. Rios., M.J. Koziol., H. Borgtoft Pedersen & G. Granda (Eds.), *Plantas útiles del Ecuador: aplicaciones, retos y perspectivas/Useful Plants of Ecuador: applications, challenges and perspectives* (pp. 15-42). Quito: Abya-Yala.

Rios, M. & Koziol, M.J. (2007). *Introducción*. En: M. Rios., M.J. Koziol., H. Borgtoft Pedersen & G. Granda (Eds.), *Plantas útiles del Ecuador: aplicaciones, retos y perspectivas/Useful Plants of Ecuador: applications, challenges and perspectives* (p. 11). Quito: Abya-Yala.

Rivera, M. & Gallegos, P. (2001). *Plagas del chocho*. En: El cultivo del chocho *Lupinus mutabilis* Sweet: Fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador. Boletín técnico de la Estación Experimental Santa Catalina, 103, 28-31.

- Ruiz-Reyes, E. & Suarez, M. (2015). Lactonas sesquiterpénicas. Diversidad estructural y sus actividades biológicas. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 46 (1), 9-24.
- Salinas, H., Vallejo, F.A. & Estrada, E.I. (1993). Evaluación de la resistencia al pasador del fruto de tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Gueneé) en materiales *L. hirsutum* Humb y Bonpl y *L. pimpinellifolium* (Just) Mill y su transferencia a materiales cultivados de tomate, *L. esculentum* Mill. *Acta Agronómica*, 43(1-4), 44-56.
- Samaniego, S., Guerra, P., Peralta, E., Báez, F. & Mazón, N. (2015). Evaluación de tres microorganismos entomopatógenos para el control de la mosca de la semilla (*Delia plantura* Meigen) en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), en Ecuador. En D. L. Alcoba... [et al.] (Eds.), *Quinoa: V Congreso Mundial, II Simposio Internacional de Granos Andinos: Libro de resúmenes*, (pp. 4-13). San Salvador de Jujuy, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy.
- Seaman, F. C. (1982). Sesquiterpene lactones as taxonomic characters in the Asteraceae. *The Botanical Review*, 48(2), 121-594.
- Seaman, F., Bohlmann, F., Zdero, C. & Mabry, T. J. (1990). *Diterpenes of flowering plants: Compositae (Asteraceae)*. Springer.
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo del Ecuador, (SENPLADES). (2013). Atlas Geográfico de la República del Ecuador. (2da edición). (goo.gl/qyleN5) (10-11-2016)
- Setzer, W.N. & Vogler, B. (2006). *Bioassays for Activity*. En: L.J. Cseke., A. Kirakosyan., P.B. Kaufman., S.L. Warber., J. A. Duke. & H. L. Briemann. Natural products from plants (pp. 390-409). Florida: CRC press.
- Shivanandappa, T. & Rajashekar, Y. 2014. *Mode of Action of Plant-Derived Natural Insecticides*. En: D. Singh (Ed.), *Advances in Plant Biopesticides* (pp. 323-345). Springer.
- Shoeb, H. A. & El-Emam, M. A. (1976). The molluscicidal properties of natural products from *Ambrosia maritima*. *Egyptian journal of bilharziasis*, 3(2), 157-167.
- Standley, P. C. (1923). Trees and shrubs of Mexico (Oxalidaceae-Turneraceae). *Smithsonian Institution, United States National Herbarium*, 23(3), 603,703.
- Standley, P. C. (1924). Trees and Shrubs of Mexico (Passifloraceae-Scrophulariaceae). *Smithsonian Institution, United States National Herbarium*, 23(4), 1299.
- Sülsen, V. P., Frank, F. M., Cazorla, S. I., Barrera, P., Freixa, B., Vila, R., ... & Martino, V. S. (2011). Psilostachyin C: a natural compound with trypanocidal activity. *International journal of antimicrobial agents*, 37(6), 536-543.

Telek, L. (1977). Determination of Solasodine in Fruits of *Solanum* Species. *Journal of pharmaceutical sciences*, 66(5), 699-702.

Telek, L., Delpin, H. & Cabanillas, E. (1977). *Solanum mammosum* as a Source of Solasodine in the Lowland Tropics. *Economic Botany*, 31(2), 120-128.

Teodorescu, G. & Yépez, A. (2014). *Buenas prácticas en Agricultura Sostenible*. Quito: Programa PROMETEO, SENESCYT y Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, IASA I.

Torres, J. (2011). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia rural de Santa Rosa. Parte I. Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial rural de Santa Rosa. Santa Rosa, El Chaco.

Torres, D.M., Orea, U., Brito, M.L. & Cordero, E. (2013). Estudio de la extracción del follaje de Barbasco (*Lonchocarpus nicou*) como fuente biocida (en condiciones de la Amazonía en Ecuador). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4), 41-49.

Torres, B., Starnfeld, F., Vargas, J. C., Ramm, G., Chapalbay, R., Rios, M., ... & Cordoba-Bahle, D.S. (2014). Gobernanza participativa en la Amazonía del Ecuador: recursos naturales y desarrollo sostenible. *Universidad Estatal Amazónica*. Puyo, Ecuador.

Tseng, Y. H., Wang, C. M. & Peng, C.I. (2008). *Clibadium surinamense* L. (Asteraceae): A Newly Naturalized Plant in Taiwan. *Taiwania*, 53(1), 103-106.

Vacacela, V. (2008). *Manejo de la biodiversidad agrícola en las chakras de las comunidades Kichwas de Pastaza*. Quito: Abya-Yala.

Vacas, C., O., Lee, J., Lee, C., Kim, H.J., Villota, S., Narváez-Trujillo, A. & Navarrete, H. (2016). *Bioconocimiento de la flora ecuatoriana: Algunas plantas medicinales y sus usos*. Quito: Centro de publicaciones Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Vacas, C., O., Medina, D., Íñiguez, J. & Navarrete, H. (2017). *Los Kichwas del alto Napo y sus plantas medicinales*. Quito: Publicaciones del Herbario QCA, PUCE.

Valarezo, O., Cañarte, E., Navarrete, B. & Muñoz, X. (2010). Manejo integrado de las principales plagas del maíz. [Plegable 389]. Portoviejo, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Departamento Nacional de Protección Vegetal.

Van Andel, T. (2000). The diverse uses of fish-poison plants in Northwest Guyana. *Economic Botany*, 54(4), 500-512.

Vanderlinde, F.A. & Costa, E.A. (1995). Estudo das atividades farmacológicas do extrato etanólico de *Clibadium surinamense* (KILAMBÍ). En: X Reunião Anual da

Federação de Sociedades de Biología Experimental, p. 254. Serra Negra-SP; Fesbe, Brazil.

Villacrés, E., Peralta, E., Cuadrado, L., Revelo, J., Abdo, S. & Aldáz, R. (2009). Propiedades y aplicaciones de los alcaloides del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Boletín técnico de la Estación Experimental Santa Catalina, 133, 1-20.

Villacrés, E., Cuadrado, L. & Falconí, F. (2013). Los granos andinos: Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y Sangorache (*Amaranthus hybridus* L.) fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética. Boletín técnico de la Estación Experimental Santa Catalina, 165, 1-33.

Villagomez, R., Rodrigo, G. C., Collado, I. G., Calzado, M. A., Muñoz, E., Åkesson, B., ... & Duan, R. D. (2013). Multiple Anticancer Effects of Damsin and Coronopilin Isolated from *Ambrosia arborescens* on Cell Cultures. *Anticancer research*, 33(9), 3799-3805.

Welman, W. G. (2003). The genus *Solanum* (Solanaceae) in southern Africa: subgenus *Leptostemonum*, the introduced sections *Acanthophora* and *Torva*. *Bothalia*, 33(1), 1-18.

Wink, M. (1987). Quinolizidine Alkaloids: Biochemistry, Metabolism, and Function in Plants and Cell Suspension Cultures. *Planta médica*, 53(06), 509-514.

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

[Fotografía de Augusto Granda G.]. (Volcán Antisana y Laguna de la Mica, Reserva Ecológica Antisana. 2017).

[Fotografía de Emilio Cachumba]. (Cráter del volcán Pululahua, Reserva Geobotánica Pululahua. 2017).

[Fotografía de Luis Espinoza]. (Zona alta del Parque Nacional Sumaco Napo-Galeras. 2017).

[Fotografía de Valeria Granda]. (Volcán Antisana, Reserva Ecológica Antisana. 2005).

RECURSO EN LÍNEA

Base de datos *Tropicos*: Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, USA.

<http://www.tropicos.org>